



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

Aplicación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la
obtención de sulfato de cobre en la Empresa Revasac, Ventanilla, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Br. Pérez Abad, Eder Reynaldo (ORCID: 0000-0003-2249-9802)

ASESOR:

Dr. Malpartida Gutierrez Jorge Nelson (ORCID: 0000-0001-6846-0837)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi madre por hacer de mí una persona de bien, a mi padre que desde el cielo junto con Dios derraman todas sus bendiciones sobre mí, a mi esposa y a mi hija por el constante apoyo moral que me brindaron en todo el proceso de formación universitaria y en el proceso de desarrollo de la presente tesis.

AGRADECIMIENTO

Doy mis más sinceros agradecimientos a Dios todo poderoso, por brindarme salud y fuerza para seguir adelante en la vida para poder desarrollar la presente tesis. Asimismo, agradezco al doctor Jorge Malpartida Gutiérrez por el asesoramiento constante para el desarrollo de la presente tesis. Asimismo, quiero agradecer al ingeniero Rubén Barboza y al ingeniero Juan Herrera por apoyarme con sus conocimientos y experiencias.

Página del Jurado



DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Eder Reynaldo Pérez Abad con DNI N° 42733556, estudiante del décimo ciclo 2019 de la facultad de Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial de la "universidad César Vallejo" Declaro la autenticidad de mi estudio de investigación denominado **"Aplicación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa Revasac, Ventanilla, 2019."**, para lo cual, me someto a las normas sobre la elaboración de estudios de investigación al respecto. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 12 de diciembre del 2019

Eder Reynaldo Pérez Abad

DNI:42733556

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Aplicación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, Ventanilla, 2019”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial.

El Autor.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PRESENTACIÓN	vi
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT.....	xviii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	2
1.1.1. Ámbito internacional	2
1.1.2. Ámbito Nacional	3
1.1.3. Ámbito Local	5
1.1.4. Matriz de priorización	13
1.2. Trabajos previos.....	15
1.2.1. Antecedentes nacionales.....	15
1.2.2. Antecedentes Internacionales	17
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	19
1.3.1. Reingeniería de procesos	19
1.3.2. Productividad.....	57
1.4. Formulación del problema	65
1.5. Justificación del estudio.....	65
1.6. Hipótesis	66

1.7.	Objetivos de investigación.....	67
II.	MÉTODO.....	69
2.1.	Tipo y diseño de Investigación.....	70
2.1.2.	Tipos de Investigación.....	70
2.1.3.	Diseño de Investigación.....	71
2.1.3.1.	Diseño experimental	71
2.1.3.2.	Por su temporalidad	71
2.2.	Operacionalización de la Variable	72
2.2.1.	Reingeniería de Procesos (V.I).....	72
2.1.4.	Productividad (V.D)	76
2.3.	Población, Muestra y Muestreo	78
2.3.1.	Población	78
2.3.2.	Muestra	78
2.3.3.	Muestreo	78
2.4.	Criterios de Selección	79
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	79
2.5.1.	Técnicas de recolección de datos.....	79
2.5.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	79
2.5.3.	Validación y Confiabilidad del instrumento.....	80
2.5.4.	Métodos de análisis de datos	81
2.6.	Aspectos éticos	83
2.7.	Propuesta de mejora.....	83
2.7.1.	Situación actual de la empresa.....	83
2.7.2.	Base legal.....	84
2.7.3.	Organización de la empresa.....	85
2.7.4.	Relación de equipos del proceso de producción actual	86
2.7.5.	Descripción de la etapa del proceso productivo	86

2.7.6.	Tiempo de producción	87
2.7.7.	Diagrama de entradas y salidas del proceso actual.....	87
2.7.8.	Balance de materia antes de la implementación	88
2.7.9.	Diagrama de flujo de bloques antes de la implementación	93
2.7.10.	Diagrama de operaciones del producto DOP	96
2.7.11.	Diagrama de distribución de áreas del proceso actual	99
2.7.12.	Determinación del tiempo de ciclo de producción antes	100
2.8.	Desarrollo de la propuesta de mejora.....	102
2.8.1.	Determinación del modelo de la propuesta de mejora	107
2.8.2.	Cronograma de actividades del proyecto de investigación	108
2.8.3.	Cronograma de Ejecución	108
2.8.4.	Recursos y Presupuestos.....	111
2.8.5.	Financiamiento	111
2.8.6.	Desarrollo del Modelo de la propuesta de mejora	113
2.8.6.1.	Etapa 1: Preparación	114
2.8.6.2.	Etapa 2: Diagnóstico	121
2.8.6.3.	Etapa 3: Rediseño	123
2.8.6.4.	Etapa 4: Plan de implementación.....	168
2.9.	Resultados de la mejora	172
2.10.	Análisis de los resultados del indicador de la variable dependiente	180
2.11.	Análisis económico financiero.....	189
2.11.1.	Análisis de beneficio - costo	191
2.11.2.	Análisis del VAN & TIR	192
2.11.3.	Análisis de sensibilidad	194
III.	RESULTADOS	196
3.1.	Análisis de producción.....	197
3.2.	Análisis Descriptivo.....	200

3.3. Análisis Inferencial	203
IV. DISCUSIÓN	213
V. CONCLUSIONES	217
VI. RECOMENDACIONES	220
REFERENCIAS	222
ANEXOS	228

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción mundial de cobre en el año 2016	2
Figura 2: Ranking de producción de cobre a nivel mundial en el año 2017 en (tn.).....	3
Figura 3: Producción de cobre por empresa 2017 (participación de %)	4
Figura 4: Valor % de las exportaciones de América Latina	5
Figura 5: Diagrama de Ishikawa.....	7
Figura 6: Diagrama de Pareto por categorías	11
Figura 7: Diagrama de Pareto por causas	12
Figura 8: Propuestas de solución.....	13
Figura 9: Matriz de priorización.....	14
Figura 10: Diagrama de procesos de entradas y salidas.....	25
Figura 11: diagrama de general de bloques	26
Figura 12: Diagrama de proceso de producción del ácido nítrico	26
Figura 13: Simbología para las condiciones de operaciones en un diagrama PFD	27
Figura 14: PFD de hidrodesalquilación de tolueno con entradas de servicios auxiliares ...	28
Figura 15: Simbologías de equipos para armar los diagramas P&ID.....	30
Figura 16: Diagrama de tuberías e instrumentación de una torre de destilación.....	31
Figura 17: Esquema de factores de longitudes efectivas de acero	36
Figura 18: Flexibilidad de estructuras metálicas	36
Figura 19: Modelamiento 3D de plataforma estructural	37
Figura 20: clasificación de los caños metálicos según norma ASTM.....	38
Figura 21: Diámetros de tuberías	38
Figura 22: Arreglo general de tuberías.	39
Figura 23: Arreglo general de tuberías.	39
Figura 24: Ubicación de equipos en el dibujo	40
Figura 25: Dibujo de arreglo de vistas de tuberías	40
Figura 26: Elaboración de maqueta 3D de arreglo de tuberías.....	41
Figura 27: Disposición de planta	42
Figura 28: Disposición por Posición Fija	46
Figura 29: Tipos de áreas de trabajo por posición fija	46
Figura 30: Disposición por proceso.....	47
Figura 31: Disposición por producto	48

Figura 32: Curva de la demanda por unidades producidas.....	51
Figura 33: Coeficientes de k para la superficie de evolución.....	75
Figura 34: Organigrama de la empresa.....	85
Figura 35: Diagrama de entradas y salidas del proceso actual	87
Figura 36: Diagrama de flujo de bloques	93
Figura 37: Maqueta 3d de la planta situación actual	94
Figura 38: Planto de la planta- lay out general situación actual.....	95
Figura 39: Cuadro de simbología de métodos de operaciones de procesos	96
Figura 40: Datos del DOP actual.....	97
Figura 41: DAP del proceso actual.....	98
Figura 42: Esquema de distribución de áreas del proceso actual	99
Figura 43: Metodología PDRI para la aplicación de la reingeniería de procesos	107
Figura 44: Alcance del proyecto de la aplicación de la reingeniería de procesos	113
Figura 45: Análisis de precio del cobre vs tiempo antes	116
Figura 46: Análisis de producción en el tiempo antes.....	117
Figura 47: Análisis de producción vs Costo del cobre	117
Figura 48: Cuadro de procesos identificados	118
Figura 49: Precio del metal cobre por tonelada según LME	122
Figura 50: Diagrama de entras y salidas después de la implementación.....	125
Figura 51: Diagrama de flujo de bloques después de la implementación	125
Figura 52: Diseño de diagrama de flujo de Proceso (PFD).....	126
Figura 53: Diagrama de Tuberías e Instrumentos (P&ID)	127
Figura 54: Plano de área de trabajo del nuevo diseño de proceso productivo	136
Figura 55: Plano de distribución de áreas de trabajo.....	138
Figura 56: Plano de superposición de área y equipos.....	140
Figura 57: Plano de arreglo general de equipos – vista de planta	141
Figura 58: Plano de Arreglo general de equipos – vista de elevación.....	142
Figura 59: Plano de arreglo general de equipos – vista lateral	143
Figura 60: Plano de arreglo general equipos – vista isométrica 3D	144
Figura 61: Plano de arreglo general equipos – vista isométrica 1	145
Figura 62: Plano de arreglo general equipos – vista isométrica 2	145
Figura 63: Modelo 3D y Geometría - SAP2000 v.20.0.0.....	147
Figura 64: Deformación máxima de carga muerta + viga DL+LL	149

Figura 65: Deformación máxima permitida por carga Viva LL.....	149
Figura 66: Deformación por sismo en X	150
Figura 67: Deformación por sismo en Y	151
Figura 68: Ratios de diseño estructural	152
Figura 69: Modelo 3D de Plataforma de filtros y reactores- perspectiva 1.....	155
Figura 70: Modelo 3D de Plataforma de filtros y reactores - perspectiva 2.....	156
Figura 71: Modelo 3D de Plataforma de filtros y reactores - perspectiva 3.....	156
Figura 72: Simbología de tipo de conexión roscada threaded fittings.....	160
Figura 73: Simbología de tipo de conexión soket welding fittings	161
Figura 74: Simbología de tipo de conexión Butt welding	162
Figura 75: Simbología de tipo de conexión soket welding fittings	163
Figura 76: Diagrama de arreglo general de tuberías.....	165
Figura 77: Diagrama de arreglo general de tuberías.....	166
Figura 78: Diagrama de arreglo general de tuberías.....	167
Figura 79: Plano de la nueva área de producción después de la propuesta de mejora	169
Figura 80: Plano 3d propuesto de la nueva planta de producción de sulfato de cobre.....	170
Figura 81: Fotos de la implementación	171
Figura 82: Porcentaje de áreas antes vs disponibilidad de área.....	173
Figura 82: Porcentaje de áreas antes y después	174
Figura 84: Evidencias fotográficas del antes y después	175
Figura 85: Porcentaje de producción de sulfato de cobre liquido antes y después	177
Figura 86: Porcentaje de producción de sulfato de cobre solido antes y después	178
Figura 87: Tiempo promedio de producción mensual antes y después	180
Figura 88: Gráfica de análisis de datos de la productividad antes y después	183
Figura 89: Gráfica del valor promedio de la Eficiencia antes y después	185
Figura 90: Gráfica de análisis de datos de la Eficacia antes y después	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Codificación de las causas del diagrama de Ishikawa.....	8
Tabla 2: Matriz relacional de las causas del diagrama de Ishikawa.....	9
Tabla 3: Tabulación de las categorías de la matriz relacional.....	10
Tabla 4: Tabulación de las causas de la matriz relacional.....	11
Tabla 5: Coeficientes para la superficie de evolución.....	56
Tabla 6: Matriz de coherencia	68
Tabla 7: Matriz de operacionalización de variables	77
Tabla 8: Juicio de expertos	80
Tabla 9: balanceo químico general del sulfato de cobre líquido con el método de tanteo..	89
Tabla 10: Ecuación teórica del sulfato de cobre líquido antes de la implementación.....	89
Tabla 11: Ecuación real del sulfato de cobre líquido antes de la implementación.....	89
Tabla 12: Datos generales obtenidos de masa-volumen teórico y real antes	90
Tabla 13: Balance de materia sulfato de cobre líquido (PRE TEST).....	90
Tabla 14: Ecuación universal de la conservación de la materia	91
Tabla 15: Balance de materia de producción cristales de sulfato de cobre (PRE TEST)....	92
Tabla 16: Áreas utilizadas por cada actividad actualmente.....	100
Tabla 17: Tiempo de ciclo de producción total de junio a octubre del 2018 (PRE-TES). 101	
Tabla 18: Metodologías para la aplicación de la reingeniería de procesos	102
Tabla 19: Pasos para la aplicación de la reingeniería de procesos	103
Tabla 20: Proceso metodológico de Manganelli & Klein	104
Tabla 21: Proceso metodológico de Morriss & Brandon.....	105
Tabla 22: Proceso metodológico del Institute of Industrial Engineers:	106
Tabla 23: Cronograma de actividades del desarrollo del proyecto de investigación	109
Tabla 24: Cronograma de implementación del proyecto.....	110
Tabla 25: Tabla de presupuesto personal	111
Tabla 26: Tabla de estimado de inversión	112
Tabla 27: Análisis de los precios de la chatarra de cobre como materia prima	115
Tabla 28: producción mensual de julio a diciembre antes	116
Tabla 29: Matriz FODA	119
Tabla 30: Cuadro de análisis de la matriz FODA.....	120
Tabla 31: Análisis químico del cemento de cobre tipo A	123
Tabla 32: Análisis químico del cemento de cobre tipo B.....	124

Tabla 33: Lista de equipos y dimensiones	131
Tabla 34: Cálculo usado en el método Guerchet	132
Tabla 35: Calculo de las áreas del nuevo diseño de proceso de sulfato de cobre	133
Tabla 36: Cuadro de áreas para el nuevo diseño de proceso del sulfato de cobre.....	134
Tabla 37: Cuadro de cargas estructurales	147
Tabla 38: Cuadro de cargas estructurales de longitud	148
Tabla 39: Cuadro de ratios de diseño de columna W12x40	153
Tabla 40: cuadro de ratios de diseño de Viga W10x30.....	154
Tabla 41: Cuadro de normas para el diseño de tuberías.	157
Tabla 42: Porcentaje de metales y no metales en tuberías de AC de grado Gr.A,B,C.....	158
Tabla 43: Porcentaje de metales y no metales en tuberías de SS	159
Tabla 44: Área total antes – disponibilidad de área.....	172
Tabla 45: Área de producción antes y después.....	173
Tabla 46: Indicador de área (Método de Guerchet) Pre – Post	174
Tabla 47: Balance de materia de producción de sulfato de cobre liquido (POS- TEST)..	176
Tabla 48: Indicador de balance de materia de sulfato de cobre liquido (PRE – TEST)....	176
Tabla 49: Balance de materia de producción cristales de sulfato de cobre (POS- TEST)	177
Tabla 50: Indicador de balance de materia de sulfato de cobre solido (Pre – Post).....	178
Tabla 51: Tiempo de ciclo de producción total (POS - TES).....	179
Tabla 52: tiempo de ciclo promedio antes y después (POS- TEST)	179
Tabla 53: Tabla de Análisis de datos de la productividad antes y después	182
Tabla 54: Tabla de análisis de datos de la Eficiencia antes y después	185
Tabla 55: Tabla de Análisis de datos de la Eficacia antes y después	188
Tabla 56: Resumen de costos de inversión por tonelada producidas	189
Tabla 57: Estimación de costos de producción y ventas mensuales.....	190
Tabla 58: Tabla de análisis Beneficio/costo	192
Tabla 59: Flujo de caja económico del proyecto	193
Tabla 60: Análisis de sensibilidad para los tres tipos de escenarios	194
Tabla 61: Análisis del VAN y TIR en escenario optimista	195
Tabla 62: Análisis del VAN y TIR en escenario pesimista.....	195
Tabla 63: Comparación de la Productividad Antes y Después de la implementación	197
Tabla 64: Gráfico de la productividad Antes y Después de la implementación.....	198
Tabla 65: Promedio la productividad Antes y Después de la implementación	198

Tabla 66: Grafica de la mejora de la productividad Después de la implementación	198
Tabla 67: Comparación de la eficiencia antes y después de la implementación.....	199
Tabla 68: Comparación de la eficacia antes y después de la implementación	199
Tabla 69: Estadísticos descriptivos de la productividad antes y después.....	200
Tabla 70: Estadísticos descriptivos de la eficiencia antes y después	201
Tabla 71: Estadísticos descriptivos de la eficacia antes y después	202
Tabla 72: Tabla de tipos de muestras	203
Tabla 73: Prueba de análisis de la normalidad de la productividad	203
Tabla 74: Prueba de análisis de la normalidad de la productividad	204
Tabla 75: Comparación de medias de la productividad antes y después con Wilcoxon...	205
Tabla 76: Análisis de significancia del valor ρ de productividad con Wilcoxon	206
Tabla 77: Pruebas de análisis de la normalidad de la eficiencia antes y después.....	207
Tabla 78: Criterio de selección del estadígrafo para	207
Tabla 79: Prueba de análisis de la normalidad de la eficiencia con Wilcoxon	208
Tabla 80: Análisis de significancia del valor ρ de la eficiencia con Wilcoxon.....	209
Tabla 81: Pruebas de análisis de la normalidad de la eficacia antes y después.....	210
Tabla 82: Criterio de selección del estadígrafo	210
Tabla 83: Prueba de análisis de la normalidad de la eficacia con Wilcoxon.....	211
Tabla 84: Análisis de significancia del valor ρ de la eficacia con Wilcoxon.....	212

RESUMEN

El presente trabajo de desarrollo de proyecto de investigación, en la modalidad de tesis, tuvo como objetivo primordial aumentar la productividad en la obtención de sulfato de cobre pentahidratado en la empresa Revasac., Ventanilla 2019

Asimismo, la presente tesis de investigación corresponde a un estudio del tipo aplicado teniendo un enfoque cuantitativo. y su nivel es de tipo explicativo, por lo que busca dar a conocer y/o explicar las causas, circunstancias y los efectos que en ella puedan originar la aplicación de la Reingeniería de procesos. Además, tiene un diseño experimental de tipo cuasi experimental. No obstante, los problemas que se presentan en la empresa Revasac es exclusivamente la baja productividad en la producción del sulfato de cobre pentahidratado; teniendo una productividad promedio de 27.5 toneladas x mes, razón por la cual se aplicó la reingeniería de procesos.

Con la aplicación de las herramientas de la reingeniería de procesos; las cuales son ingeniería de procesos y distribución de planta, se pudo lograr rediseñar una nueva forma de proceso de producción utilizando una nueva materia prima para lo cual se diseñó un nuevo sistema de diagrama de flujo de proceso PFD y diagrama de tuberías e instrumentación P&ID, obteniendo el mismo producto final sin variar sus propiedades químicas y físicas. Y a su vez con la herramienta de distribución de planta se logró diseñar una adecuada distribución de equipos y áreas de trabajo con el método de Guerchet, para luego posteriormente realizar los diseños mecánicos, estructurales y de tuberías.

Después de la aplicación de la reingeniería de procesos, los resultados obtenidos fueron una nueva forma de producción con una nueva materia prima obteniendo el mismo producto final y logrando aumentar la producción. No obstante, el aumento y/o incremento de la productividad después de la aplicación de la reingeniería de procesos fue de un promedio de producción de 199.4 Tn x mes, el cual equivale a un promedio de producción de 0.346 t/h, superior al promedio de producción anterior. el cual fue de 0.048 t/h, resultando un aumento en la productividad de 0.298 t/h

Palabras claves: ingeniería de procesos, balance de materia, distribución de planta, método Guerchet, productividad, eficiencia, eficacia.

ABSTRACT

The present research project development work, in the thesis modality, had as main objective to increase productivity in obtaining copper sulphate pentahydrate in the company Revasac, Ventanilla 2019.

Likewise, this research thesis corresponds to a study of the type applied, taking a quantitative approach. And its level is explanatory, so it seeks to publicize and / or explain the causes, circumstances and effects that may result in the application of process reengineering. In addition, it has a quasi-experimental experimental design.

However, the problem presented in the Revsac Company is exclusively the low productivity in the production of copper sulphate pentahydrate, having an average productivity of 27.5 tons per month, which is why the process reengineering was applied.

With the application of process reengineering tools; which are process engineering and plant distribution, it was possible to redesign a new form of production process using a new raw material for which a new PFD and P&ID was designed, obtaining the same final product without changing its chemical and physical properties , and in turn with the plant distribution tool, it was possible to design an adequate distribution of equipment and work áreas with the Guerchet method, to subsequently carry out the mechanical, structural and pipe designs.

After the application of process reengineering, the results obtained were a new form of production with a new raw material obtaining the same final product and increasing production.

However, the increase and / or increase in productivity after the application of process reengineering was a production average of 199.4 tons per month, which is equivalent to a production average of 0.346 tons / hour, above the average previous production which was 0.048 t / h, resulting in an increase in productivity of 0.298 t / h.

Keywords: process engineering, matter balance, plant distribution, Guerchet method, productivity, efficiency, effectiveness.

I. INTRODUCCIÓN

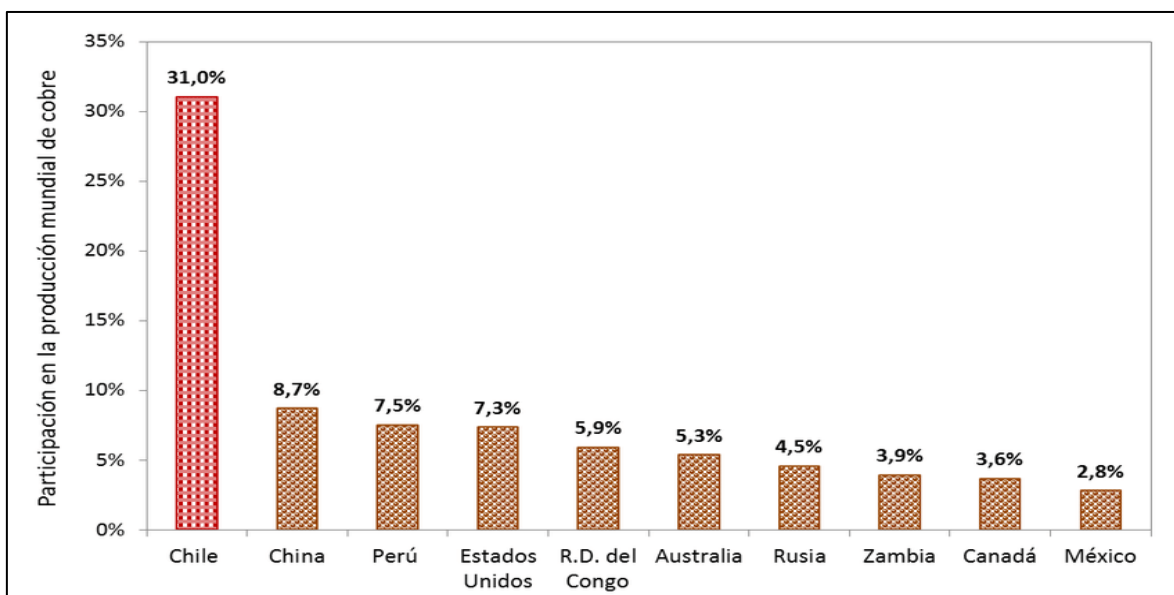
1.1. Realidad problemática

1.1.1. Ámbito internacional

El sulfato de cobre es un producto elaborado por la industria química, el cual tiene gran demanda a nivel mundial por el sector farmacéutico y agrícola, donde su principal materia prima es el cobre, siendo el tercer metal más usado en las grandes industrias, es por ello que la minería prioriza su producción.

A continuación, se muestra la producción mundial de cobre.

Figura 1: Producción mundial de cobre en el año 2016

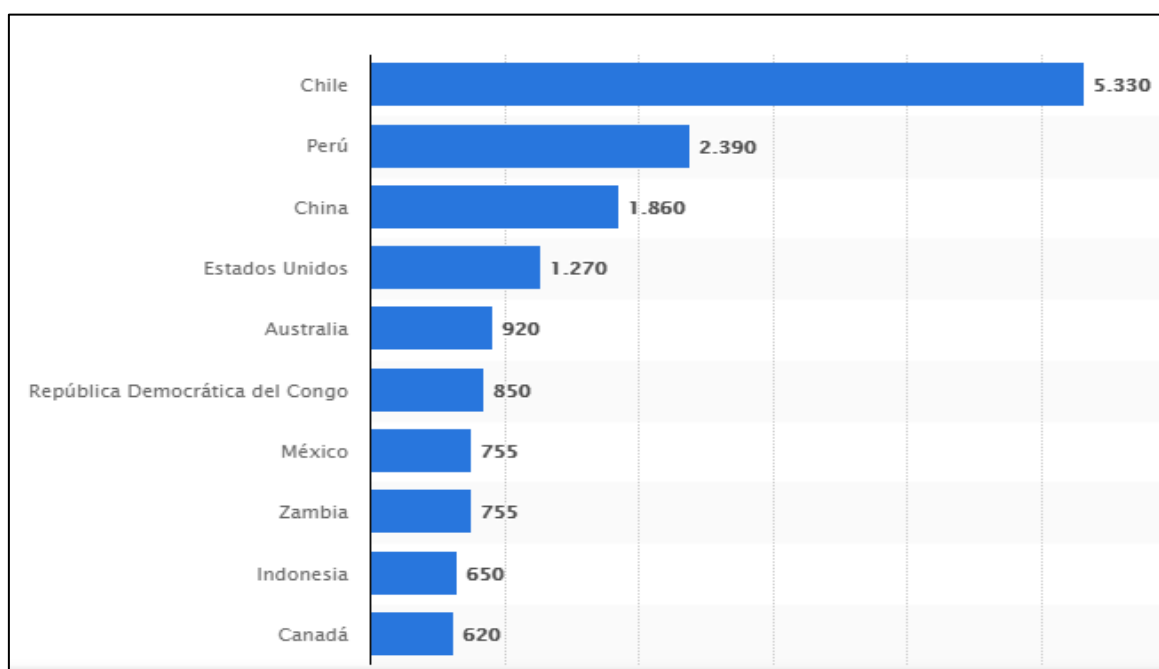


Fuente: IEE (Instituto de Estudios Económicos)

Como se puede observar en la figura 1, el país con mayor producción de cobre es Chile con un 31.0%, seguido de China con 8.7%, donde el Perú a nivel mundial ocupa el tercer lugar con 7.5%. Además de ello se observa que México es el país con menor producción de cobre con 2.8%.

Cabe mencionar que en el año 2017 en el ranking realizado por el Instituto de Estudios Económicos (IEE), la producción de cobre a nivel mundial tuvo una variación respecto al año 2016 como se muestra en la siguiente gráfica:

Figura 2: Ranking de producción de cobre a nivel mundial en el año 2017 en (tn.)



Fuente: IEE (Instituto de Estudios Económicos)

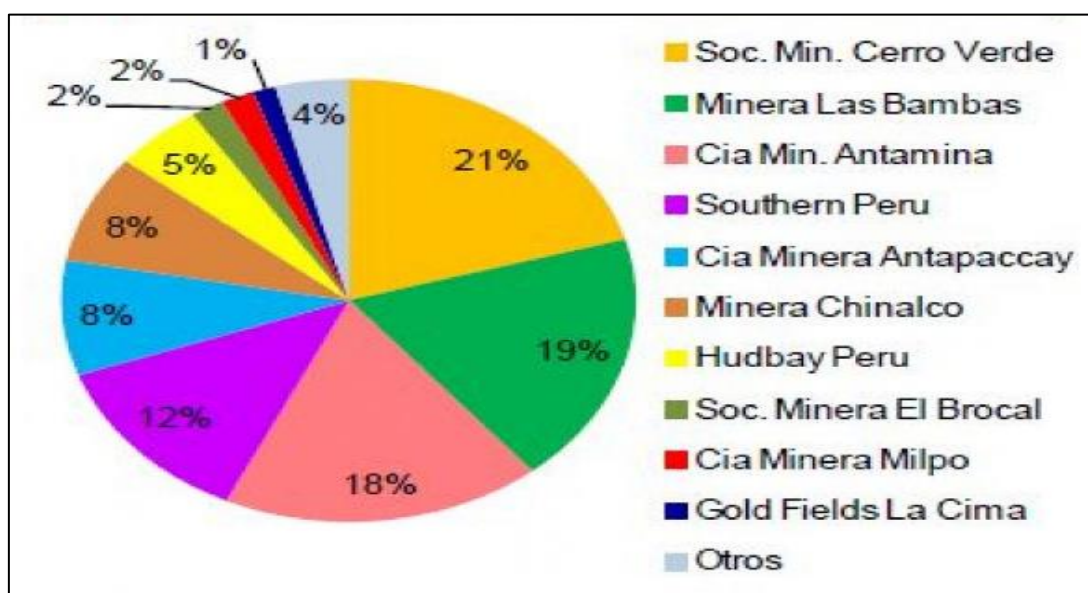
De la figura 2 se observa que Chile sigue siendo el mayor productor de cobre respecto al año 2016 (figura 1) con una producción de 5.3 millones de toneladas métricas. Además de ello se observa que Perú ascendió al segundo puesto respecto al año anterior con 2.4 millones de toneladas métricas y Canadá pasó del penúltimo al último puesto como productor de cobre con 620 toneladas métricas.

1.1.2. Ámbito Nacional

Perú es considerado un país minero debido a que en sus tierras se encuentra concentrada distintos tipos de minerales que son explotados como materia prima para luego ser procesados y convertidos en otros productos para el uso del hombre, siendo uno de ellos el cobre, que es la materia prima más empleado por diversas industrias como: industria de la construcción para el cableado de edificaciones, sistemas térmicos, tuberías de agua y gas, industria de telecomunicaciones para la fabricación de cables telefónico y/o eléctricos, industria agrícola y química para el sulfato de cobre.

Debido al gran impacto que tiene en el sector económico, las mineras enfocan sus esfuerzos a la extracción de este mineral, por ello, a continuación se muestra una gráfica donde indica la participación porcentual de cada empresa en el 2017.

Figura 3: Producción de cobre por empresa 2017 (participación de %)



Fuente: MINEM

De la figura 3 se observa que existen 4 empresas que producen mayor cantidad de cobre a nivel nacional, siendo Cerro Verde la que lidera la producción con 21%, seguida de Las Bambas con 19%, Antamina con 18% y por último Southern Perú con un 12%; cabe mencionar que las 7 minas restantes suman en total de 30%.

En el 2017 el cobre lideró las exportaciones peruanas al sumar ventas por 13,773 millones de dólares, según indicó la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE), el cual representa un 31% de las exportaciones totales del Perú que llegaron a la cifra de 44,918 millones de dólares, es así que el cobre se consolidó como el primer producto de exportación del país en un entorno de mejores precios.

Figura 4: Valor % de las exportaciones de América Latina



Fuente: BCRP

En la figura 4 se observa que el promedio obtenido para las exportaciones en América Latina respecto al 2016 fue de 13.8 %; donde al hacer la comparación respecto al 2017 el Perú exportó un 21.4% superando este promedio y ocupando el primer lugar respecto a Colombia con un 18.9%, seguido de Brasil 17.5% y Ecuador 13.9%.

1.1.3. Ámbito Local

Es importante mencionar que el crecimiento en exportaciones del sector minero respecto al cobre genera que en el país no haya mucha oferta de este metal, afectando en gran medida a aquellas empresas donde es la materia prima para su proceso productivo, siendo una de ellas la empresa REVA S.A.C. que lleva 9 años en el mercado produciendo su único producto que es el sulfato de cobre.

Posee experiencia en el rubro que desempeña, su preocupación permanente es brindar un producto de calidad buscando la satisfacción del cliente, aunque cada vez son más exigentes en sus expectativas en cuanto a la atención que se le brinda, por ello la empresa busca la fidelidad de los mismos, pero en los últimos meses el problema que presenta es la baja productividad en la obtención del sulfato de cobre, debido a la poca oferta del cobre que es la materia prima para la producción, ocasionando que la adquisición de esta sea más costosa, además de ello que la planta esté inoperativa, la utilidad de la empresa y sobre todo que los clientes deben esperar para la entrega de su producto, lo cual puede generar la pérdida de los mismos.

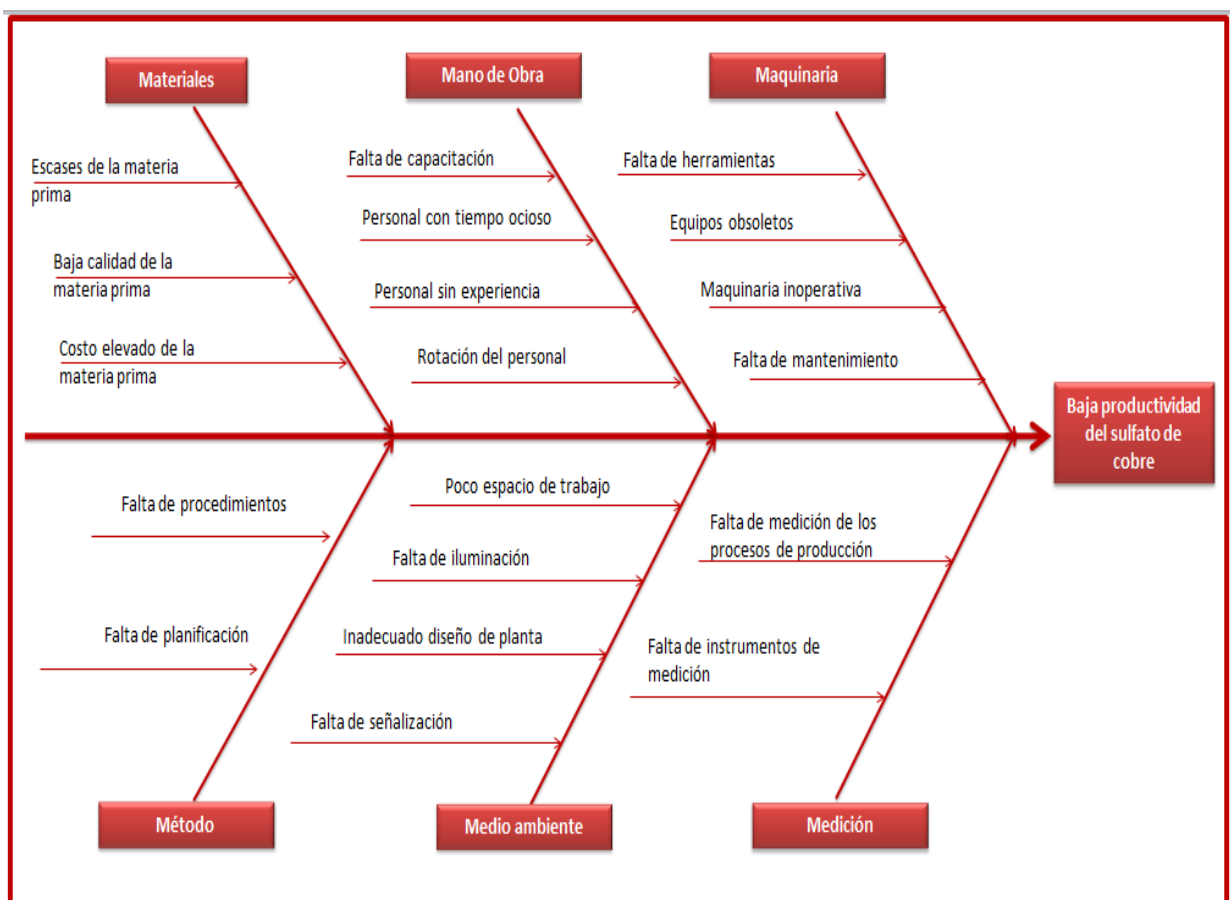
Para determinar las posibles causas que está generando esta problemática se ha empleado la herramienta brainstorming o comúnmente conocida como lluvia de ideas, que permitirá facilitar la obtención de ideas en cuanto al tema tratado, por ello a continuación se muestra una relación de estas posibles causas que estarían generando la baja productividad en la obtención del sulfato de cobre.

1. Escases de la materia prima
2. Baja calidad de la materia prima
3. Costo elevado de la materia prima
4. Falta de capacitación
5. Personal con tiempo ocioso
6. Personal sin experiencia
7. Rotación del personal
8. Falta de herramientas
9. Equipos obsoletos
10. Maquinaria inoperativa
11. Falta de mantenimiento
12. Falta de procedimientos
13. Falta de planificación
14. Poco espacio de trabajo
15. Falta de iluminación
16. Inadecuado diseño de planta
17. Falta de señalización
18. Falta de medición de los procesos de producción

19. Falta de instrumentos de medición

Una vez obtenida la lista de las posibles causas que están generando la baja productividad del sulfato de cobre, el cual es el problema central de la empresa; se procederá al desarrollo y análisis metodológico mediante el diagrama de Ishikawa.

Figura 5: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Codificación de las causas del diagrama de Ishikawa

CÓDIGO DE LAS CAUSAS DEL DIAGRAMA DE ISHIKAWA	
MANO DE OBRA	MAQUINARIA
C1: Falta de capacitación	C9: Falta de herramientas
C2: Personal con tiempo ocioso	C10: Equipos obsoletos
C3: Personal sin experiencia	C11: Maquinaria inoperativa
C4: Rotación del personal	C12: Falta de mantenimiento
MÉTODO	MEDIO AMBIENTE
C5: Falta de procedimientos	C13: Falta de Iluminación
C6: Falta de planificación	C14: Falta de señalización
MEDICIÓN	C15: Poco espacio de trabajo
C7: Falta de medición de los procesos de producción	C16: Inadecuado diseño de planta
C8: Falta de instrumentos de medición	MATERIALES
	C17: Escases de la materia prima
	C18: Baja calidad de la materia prima
	C19: Costo elevado de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1 se observa que a cada causa se le ha asignado una codificación, el cual permitirá trabajar de una mejor manera la tabla relacional, donde se analizará la relación que existe entre cada una de las causas, esto permitirá cuantificar las causas identificadas en el Diagrama de Ishikawa, de este modo se brindará una ponderación dependiendo del grado de relación de las causas involucradas; es decir, se optará por los valores “1” y “0”, donde el valor “1” = la causa influye en la causa comparada y “0” = la causa no influye en la causa comparada.

Tabla 2: Matriz relacional de las causas del diagrama de Ishikawa

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	19	Σ	Σ FEN.
C1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	MANO O.
C2	1		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		5	13
C3	0	1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2	
C4	0	0	1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1		5	
C5	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	MÉTODO
C6	0	1	0	1	0		0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1		7	7
C7	0	0	0	0	0	0		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2	MEDICIÓN
C8	0	0	0	0	0	0	1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		2	4
C9	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		1	MAQUINARIA
C10	0	0	0	0	0	0	1	1	0		0	1	0	0	0	0	0	0	0		3	11
C11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	1	1	0	1		4	
C12	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0		3	
C13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1	0	0	0		1	MEDIO AMB.
C14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	0	0	0		2	12
C15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		1	0	0	0		4	
C16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1		0	0	0		5	
C17	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		1	1		6	MATERIALES
C18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1		3	15
C19	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1			6	
19																					62	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 2 se puede observar la relación que existe entre todas las causas de las categorías del diagrama de Ishikawa, se puede concluir que la categoría material tiene un total de 15 relaciones, seguida de mano de obra con 13 y medio ambiente con 12, siendo estas tres categorías las que están relacionadas con la problemática. Las categorías que no influyen son maquinaria (11), método (7) y medición (4).

Para un mayor análisis los resultados obtenidos serán evaluados en un diagrama de Pareto por categorías que se muestra a continuación:

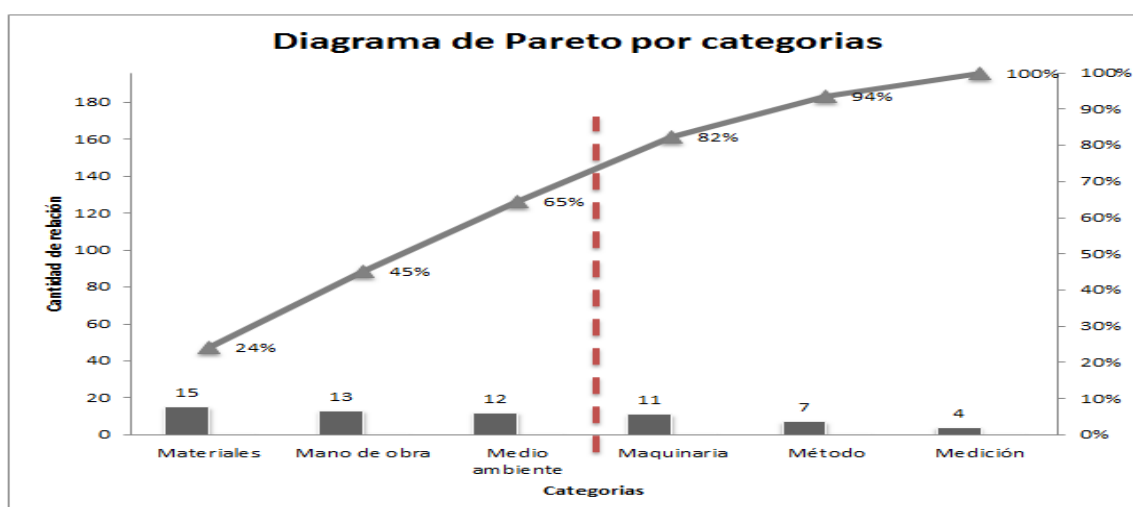
Tabla 3: Tabulación de las categorías de la matriz relacional

Categorías	Cantidad	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
Materiales	15	24%	24%
Mano de obra	13	21%	45%
Medio ambiente	12	19%	65%
Maquinaria	11	18%	82%
Método	7	11%	94%
Medición	4	6%	100%
Total	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se muestra de manera ordenada de forma descendente las categorías de la matriz relacional, el cual facilitará la realización del diagrama de Pareto. Asimismo, permitirá identificar el 80% de las causas que generan la baja productividad del sulfato de cobre.

Figura 6: Diagrama de Pareto por categorías



Fuente: Elaboración propia

De la figura 6 se puede interpretar que las categorías con mayor relevancia son materiales, mano de obra y medio ambiente que representan un 65% del total, lo cual nos indica que en estas tres categorías se encuentran las causas con mayor importancia que influyen de forma directa sobre la problemática, dejando de lado las categorías maquinaria, método y medición que solo representan un 35%. Dentro de las tres categorías relevantes a la investigación se encuentran 11 causas que se procederá a analizar mediante otro diagrama de Pareto por causas, lo cual ayudará a determinar cuáles son las que generan la problemática.

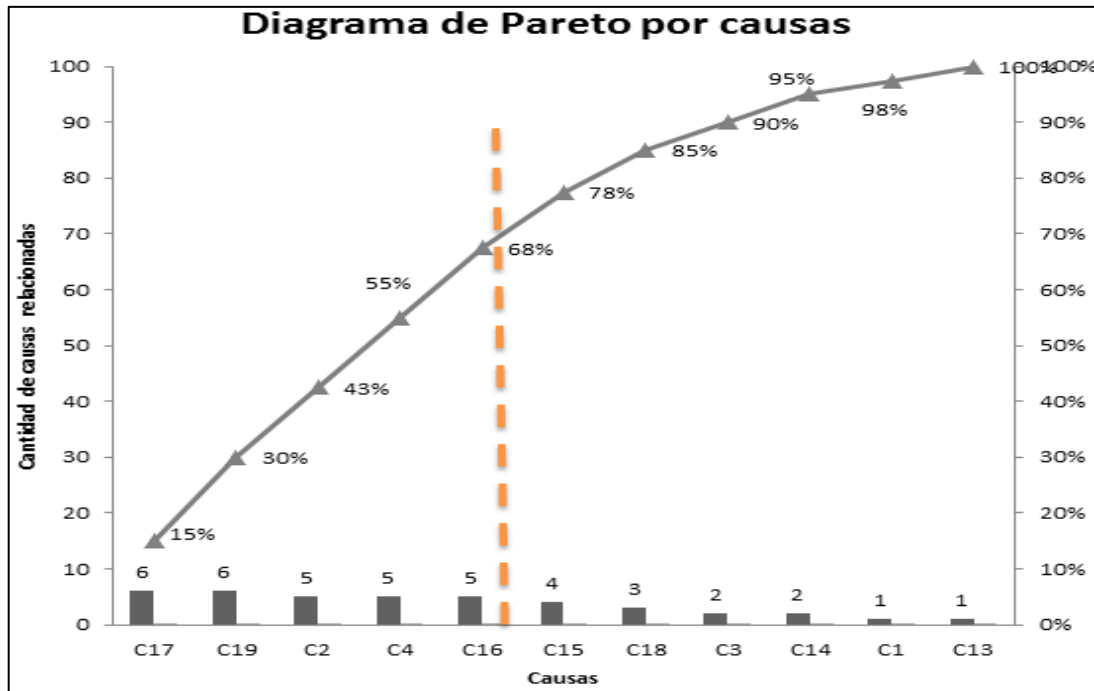
Tabla 4: Tabulación de las causas de la matriz relacional

Causas		Cantidad	Frecuencia Acumulada
C17	Escases de la materia prima	6	15%
C19	Costo elevado de la materia prima	6	30%
C2	Personal con tiempo ocioso	5	43%
C4	Rotación del personal	5	55%
C16	Inadecuado diseño de planta	5	68%
C15	Poco espacio de trabajo	4	78%
C18	Baja calidad de la materia prima	3	85%
C3	Personal sin experiencia	2	90%
C14	Falta de señalización	2	95%
C1	Falta de capacitación	1	98%
C13	Falta de iluminación	1	100%
Total		40	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se muestra ordenada de forma descendente las causas de la matriz relacional, las cuales fueron desglosadas del diagrama de Pareto por categorías, siendo un total de 11 causas que se evaluarán en el siguiente diagrama de Pareto por causas.

Figura 7: Diagrama de Pareto por causas



Fuente: Elaboración propia

De la figura 7 se puede demostrar que son 5 las causas que están directamente relacionadas con el problema existente en la empresa las cuales son: la escases de materia prima (6), costo elevado de la materia prima (6), personal con tiempo ocioso (5), inadecuado diseño de planta (5) y rotación del personal, aunque de todas ellas la más importante son las dos primeras causas que incluyen a todas las demás, ya que si se da solución a estas por consecuencia las demás sufrirán un cambio significativo en su reducción o eliminación, por tanto se puede concluir que la causa generadora de la baja productividad del sulfato de cobre es la escases de la materia prima.

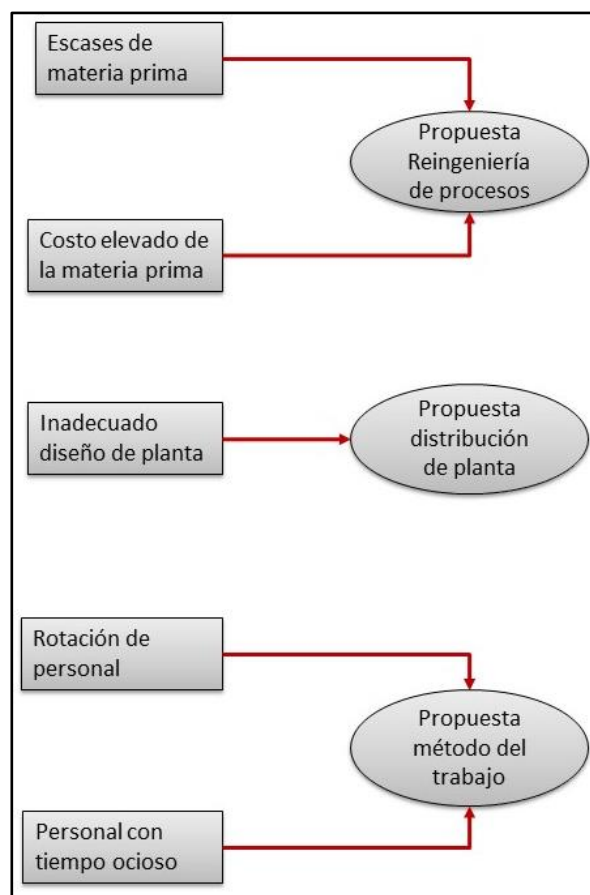
1.1.4. Matriz de priorización

Luego del análisis realizado con el diagrama de Patero identificamos las causas principales de la baja productividad, las cuales son: escasas de la materia prima, costo elevado de la materia prima, inadecuado diseño de planta, rotación de personal y personal con tiempo ocioso.

Por tal motivo existe una preocupación por parte de la empresa debido a los costos elevados de la materia prima y desabastecimiento en el mercado. Asimismo, se procedió a agrupar las principales causas que existen en la empresa.

De la figura 8 se estableció tres soluciones para poder lograr eliminar las causas que originan la baja productividad, luego se elaboró una matriz de priorización con la cual analizaremos a las propuestas de solución y determinaremos cuál de las alternativas se tomará como prioridad para eliminar dichas causas.

Figura 8: Propuestas de solución



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Matriz de priorización

CONSOLIDADO DE PROBLEMAS	Medición	Mano de obra	Materiales	Medio ambiente	Maquinaria	Método	NIVEL DE CRITICIDAD	Total de problemas	Tasa porcentual	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas a tomar
Escases y alto costo de la materia prima	2	0	0	0	2	0	ALTO	4	57.14%	10	40	4	Reingeniería de proceso
Distribución inadecuada	0	0	1	0	1	0	MEDIO	2	28.57%	7	14	3	Distribución de planta
Proceso	0	0	0	0	0	1	BAJO	1	14.29%	7	7	2	Método de trabajo
TOTAL DE PROBLEMAS	2	0	1	0	3	1		7	100.0%				

RAZÓN DE IMPACTO	Valor
Nada	6
Poco	7
Mucho	8
Bastante	10

RAZÓN DE PRIORIDAD	Valor
Poco importante	1
Importante	2
Muy importante	3
Fuertemente importante	4

Fuente: Elaboración propia

De la figura 9, la cual es la matriz de priorización, observamos que el porcentaje más alto en relación a los problemas que existen en la empresa debido a la baja productividad es causado principalmente por la escasez de la materia prima y también su elevado costo de venta, por tal motivo se priorizó dar solución mediante la aplicación de la reingeniería de procesos, puesto que con ello lograremos eliminar el 57.14% de los problemas que se ocasionan debido a la baja productividad. No obstante, con la aplicación de esta herramienta de ingeniería daremos solución automática a una mala distribución de planta y a un mejoramiento de los procesos de producción.

1.2. Trabajos previos

Para realizar este proyecto de investigación que involucra la Reingeniería de Procesos para mejorar la productividad en la obtención del sulfato de cobre en la empresa Revasac se consultaron diversos estudios nacionales e internacionales que se relacionan con el tema a desarrollar, los cuales he tomado como referencia.

1.2.1. Antecedentes nacionales

JIMÉNEZ, Yamileth. “Implementación de la reingeniería de procesos para reducir los costos de producción, en el área productiva de la carpintería MAJICE”. Tesis (Título Ingeniero Industrial), Ancash, Perú: Universidad César Vallejo, 2017, 151pp. La presente investigación tiene como objetivo reducir los costos de producción, mediante la implementación de la reingeniería de procesos en un taller de carpintería, el cual se centra en el área de producción, teniendo como objetivo el incremento de la productividad.

Con la implementación de la reingeniería de procesos se logró obtener un efecto inmediato sobre la reducción de costos, en tres dimensiones de costos que son: materia prima, mano de obra y costos indirectos. Asimismo, la presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, ya que se realizó la recolección de datos a través de encuestas, entrevistas y observación directa. No obstante, el estudio de la presente investigación tuvo una durabilidad en el tiempo de seis meses y asimismo, dio como conclusiones que la implementación de la reingeniería de procesos mejoró la productividad y con lo cual pudo reducir los costos de producción con una media de s/.863.67, en el área de producción de la carpintería.

SALAS, Katherine. “Aplicación de reingeniería de procesos para incrementar la productividad en el servicio de caunter en la empresa de turismo MENDIVIL”. Tesis (Título Ingeniero Industrial), Arequipa, Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2017, 110pp. En el presente desarrollo de investigación se propuso la reingeniería de procesos para mejorar la productividad de los servicios; los cuales tenía como problemas los procesos de venta de boletos de turismo, por tal motivo el objetivo general fue determinar cómo la aplicación de la reingeniería de procesos aumenta la productividad en el servicio de caunter en la empresa de turismo MENDIVIL. Asimismo, tiene como objetivos específicos determinar como la reingeniería de procesos mejora los servicios de venta. El presente proyecto de investigación

es de tipo cuantitativo ya que se realizó la recolección de datos a través de encuestas, entrevistas y observación directa. En conclusión, la aplicación de la reingeniería de procesos aumentó la productividad en un 0.68% a diferencia de la productividad anterior que fue de un 0.34%, la cual le dio un aumento de 97.08% en el área de servicios de venta de boletos. Asimismo, tuvo un incremento en la eficiencia de los servicios en 80% a diferencia de la eficiencia antes de la implementación que fue de 0.54%, en consecuencia, el aumento de la eficiencia fue de 46.96%. No obstante, el aumento de la eficacia fue de un 0.82% en comparación de la eficacia antes de la implementación que era de 0.61%, demuestra la mejora después de la implementación fue de 35.02%; así como la reducción del tiempo estándar de 4.42 a 3.88.

En conclusión, la aplicación de la reingeniería de procesos produjo mejoras en término de rapidez, de atención; lo cual produjo una mejora en la fiscalización de documentos.

RÍOS, Annie. “Reingeniería de procesos para la mejora de la producción de jugo de naranja de una empresa productora de alimentos”. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima – Perú: Universidad César Vallejo, 2016. En el presente desarrollo de investigación se centra en la aplicación de la implementación de la reingeniería de procesos con el objetivo de lograr mejorar la productividad en el desarrollo de los procesos de producción de jugo de naranja y con ello generar mejorar la productividad. El presente desarrollo de investigación es de tipo cuantitativo directa, ya que se realizó la recolección de datos a través de encuestas, entrevistas y observación directa. Con ello se estableció que la productividad de la empresa antes de la implementación de la reingeniería de procesos arrojó como resultado 0.15 % y la productividad de la empresa después de la implementación de la reingeniería de procesos fue de 0.3%; con ello se concluyó que la productividad después de la implementación de la reingeniería de procesos tuvo un incremento de la producción de 50%. no obstante, la implementación de la reingeniería de procesos mejoró los tiempos de producción debido a que el lote de producción antes de la implementación de la reingeniería de procesos fue de 6.388 Seg/Lt, después de la implementación de la reingeniería de procesos los tiempos de producción mejoraron a 4.4773 Seg. /Lt.

MARTIN, Iván. “Rediseño de procesos para incrementar la productividad en el área de etiquetado de una empresa agroindustrial”. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo– Perú: Universidad nacional de Trujillo, 2017, 60pp. El presente informe de investigación fue

realizado en una empresa agroindustrial en la ciudad de Trujillo. La empresa presenta serios problemas en su línea de producción de productos de exportación en el área de etiquetados. Tiene como objetivo general el planteamiento de la aplicación de un rediseño de sus procesos de producción para el incremento de la productividad. Asimismo, tiene como objetivos específicos realizar el análisis de los procesos actuales en el área de etiquetado de sus productos de exportación. El presente estudio es de tipo cuantitativo, se logró el aumento de la productividad al aplicar el rediseño de procesos consiguiendo un aumento de 5.9% donde la productividad antes de la implementación fue de 93% y la productividad después de la implementación fue de 98.5, con lo cual concluye que de la producción mensual que se exportan de cada 100 contenedores, 98.5 no presentan fallas de productos de etiquetados.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

CAJAS, Alexandra y CHILUISA, Valeria. “Reingeniería de procesos en el área de producción para mejorar la productividad de la empresa de embutidos la madrileña”. Tesis (Título de ingeniero industrial), Latacunga – Ecuador: Universidad técnica de Cotopaxi, 2015, 128pp. El desarrollo de la presente investigación tiene como propósito el rediseño de la forma de gestión del departamento de producción de embutidos. Como objetivo es mejorar los procesos de producción con la implementación de la reingeniería de procesos para poder lograr de esta manera el aumento de la productividad en el área de producción de embutidos. La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo. En conclusión, aplicando la reingeniería de procesos se obtuvo una mejora, ya que antes de la implementación la productividad de la empresa de embutidos la madrileña era de un 80% y después de aplicar la reingeniería de procesos la mejora fue de 5%, obteniendo así un total de 85% de productividad.

CORTES, Verónica, “Reingeniería de procesos en el área de producción de la fábrica de suelas y tacos Milplast”. Tesis (Título Ingeniero Industrial), Ambato, Ecuador: Universidad técnica de Ambato, 2010, 120pp. Verónica, en el desarrollo de su proyecto de investigación, tuvo como el principal objetivo optimizar los tiempos de ciclo de producción con el propósito de maximizar la productividad de la empresa. La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo. Asimismo, se observó que la planta no cuenta con una adecuada distribución en beneficio de su producción, no se encuentran ningún tipo de informe de los tiempos y movimientos para cada uno de sus procesos. Lo cual se llegó a

concluir que al aplicar reingeniería de procesos en el área de producción se obtuvo una mejora en los tiempos de productividad, el cual antes era de 75% y aplicando la reingeniería de procesos mejoro un 10%, obteniendo un total de 85% de productividad.

CABRERA, Rene, “Reingeniería de procesos para el incremento de la productividad de la empresa camaronera Ipeca”. Tesis (Título Ingeniero comercial), Machala, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2015, 131pp. El presente desarrollo de investigación tiene como finalidad mejorar las formas de los procesos de producción que estén afectando el incremento de la productividad, de manera que se busca lograr identificar puntos críticos del proceso productivo. Asimismo, tiene como objetivo el planteamiento de mejoras de proceso con la finalidad de eliminar aquellos puntos críticos como aquellos procesos que demoran varios días debido a que no cuentan con maquinara para la agilización de las actividades. La presente investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo. En el desarrollo de investigación obtuvo que al hacer una reingeniería de procesos la eficiencia en la productividad se obtuvo una mejora en un 7 % más, ya que ahora la eficiencia llega a un 80% aplicando la reingeniería de procesos.

MÁXIMO, Otero y PADILLA, José. “Reingeniería de los procesos productivos de la empresa omega”, Tesis (Título de ingeniero industrial), Riobamba – Ecuador: Escuela superior de Chimborazo, 2011, 123pp. El desarrollo de la presente investigación se basa en el estudio de la capacidad de producción en las áreas de proceso de pasteurización y almacenamiento de productos lácteos (yogurts). Teniendo como objetivo el aumento de la productividad con ayuda de la implementación de tanques de almacenamiento de productos terminados y el desarrollo de una adecuada distribución de la planta. Asimismo, concluye que la implementación de la reingeniería de procesos tuvo un efecto de reducción sobre los tiempos de elaboración de los productos lácteos aumentando la productividad y la capacidad de almacenamiento en un 43.43%, los procesos de las maquinas pasteurizadoras en 39.35% y las maquinas yogurteras en un 57.27%. Asimismo, tuvo un aumento de capacidad de producción de 75% en los tanques de almacenamiento, 64% en las pasteurizadoras y 137% en las yogurteras.

CORTEZ, Luis. “Reingeniería de los procesos productivos para incrementar la producción de harina de pescado en la empresa Uglan s.a.”, Tesis (Título de ingeniero industrial), La

libertad – Ecuador: Universidad estatal península de santa Elena, 2015, 105pp. El presente desarrollo de investigación se fundamenta en el déficit de orden productivo a causa de la libre competitividad del mercado y sus procesos innovadores que están ganando posicionamiento. Como el propósito es aumentar la productividad y la eficiencia utilizando la reingeniería de procesos para poder aplicar estrategias, procedimientos operacionales de producción y la repotenciación de la fábrica, la presente investigación es de tipo cuantitativo, asimismo obtiene como conclusiones que aplicando la reingeniería de procesos la empresa podrá producir productos de alta calidad a causa del índice de concentración de proteínas en el agua en un 65%. Además, que el costo de la aplicación de la reingeniería de procesos tiene un periodo de retorno menor a 12 meses.

1.3. Teorías relacionadas al tema

El presente desarrollo del proyecto de investigación se constituye por dos variables, las cuales están establecidas por la variable independiente la cual es reingeniería de procesos y la variable dependiente la cual es la baja productividad. Asimismo, estas dos variables del presente proyecto de investigación van a relacionarse entre sí con el desarrollo de definiciones teóricas que se detallaran a continuación:

Batista (2014, p.93), sustenta en su definición que la variable es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible a ser medida, por lo tanto, el significado de la variable es aplicable a personas y a diferentes seres vivos, objetos inanimados, situaciones y fenómenos; por lo cual estos toman distintos valores en relación de la variable correspondiente.

1.3.1. Reingeniería de procesos

MICHAEL Hammer y JAMES, Champy. (1994, p. 34), Según los autores la reingeniería de procesos es la revisión total del proceso de producción en una empresa, eso implica el rediseño radical y/o total de todos los procesos que implican la producción de un producto con el fin de poder lograr alcanzar mejoras espectaculares en términos de “costos, calidad, servicio y rapidez”.

La aplicación metodológica de la reingeniería de procesos que aplica Hamer y Champy se fundamenta en el cambio radical del proceso de producción y/o servicios y no solo en hacer

mejoras circunstanciales para mejorar los procesos actuales. No obstante, su aplicación metodológica se fundamenta en cuatro palabras claves de cambio radical las cuales son:

- **Fundamental:** El inicio de la reingeniería comienza con una serie de cuestionamientos sobre cómo funciona la empresa ¿Por qué hacemos lo que estamos haciendo? ¿Y por qué lo hacemos en esa forma? Al hacerse esas interrogantes o preguntas están obligando hacer una revisión de cómo es que se maneja su negocio y que procedimientos o que reglas utiliza para llevarlo a cabo.

“Es por ello que la reingeniería de procesos se concentra primero en la determinación de lo primero que debe de hacerse una compañía y como debe de hacerlo o aplicarlo”

- **Radical:** En lo que respecta a la palabra clave radical. Hamer y Champy nos hablan de atacar los problemas desde el origen o raíz, esto quiere decir, que la expresión rediseñar radicalmente va a significar llegar hasta el fondo o raíz y no hacer cambios solo superficiales en los procesos o solo de tratar o arreglar los procesos existentes, ya que eso no es reingeniería, reingeniería significa hacer un cambio radical o total a los viejos procesos de manufactura. “rediseñar es reinventar el negocio, no mejorarlo o modificarlo”
- **Espectacular:** La reingeniería en término espectacular refiera a dar grandes pasos en el rendimiento de los procesos de la empresa y no solo a limitarse a hacer mejoras incrementales.

Asimismo, si una empresa solo presenta problemas del 10% en términos de nivel de objetivos que debería haber llegado demostrando que el costo de producción es 10% más elevado que la calidad del producto resulta ser 10% más baja y que el nivel de servicio al cliente necesita un incremento o mejora del 10%, esta compañía o empresa no necesita una reingeniería, lo que se debería de establecer y/o aplicar es un programa de mejora continua de producción y calidad exhortando a los colaboradores a mejorar sus procesos de producción y servicios.

Para Hammer y Champy se debe recurrir o apelar a la reingeniería únicamente cuando haya la necesidad de cambiar toda (o volar toda) la forma del proceso de producción, ya que la reingeniería no resulta del simple hecho de hacer mejoras marginales donde se tienen o requieren hacer solo ajustes y/o afinamientos cuidadosos al sistema de producción.

El término de reingeniería espectacular obedece al cambio de exigencia de cambiar todo el proceso de producción antiguo por un nuevo sistema de producción. Asimismo, existen tres tipos de empresas que aplican reingeniería: las empresas que se encuentran en serias dificultades y no tienen más remedio que cambiar toda su forma de producir, las segundas son aquellas empresas que están bien y no tienen dificultades, pero que detectan problemas en el futuro, por lo que estas compañías empiezan a rediseñar antes de caer en la adversidad y el tercer tipo de compañía son las que se encuentran perfectamente y sus procesos de producción y servicios se encuentran absolutamente bien, pero estas compañías ven a la reingeniería como una herramienta para ampliar sus horizontes y tener y/o ganar ventaja sobre otras compañías.

➤ **Procesos:**

Dentro de las cuatro palabras claves de la reingeniería la más importante es la de los procesos, siendo esta última la más complicada para los líderes o gerentes de las empresas, ya que la mayoría de los gerentes se encuentran enfocados más en tareas de otros oficios como en el material humano, en estructuras, etc. Pero no conocen los procesos, de esta manera Hamer y Champy definen a los procesos de negocio como el conjunto de actividades que reciben insumos y crean productos para el consumidor o cliente. (Hamer y Champy, 1994, p.37).

Alarcón (1998), para Alarcón la reingeniería de procesos es un estudio exhaustivo y profundo de los procesos de la cadena de valor que da como resultado un producto que termina en manos del consumidor final, esto quiere decir, que la reingeniería o el rediseño es el cambio radical de los procesos para la creación de mejoras espectaculares en términos de costos, calidad, productividad y rapidez; cambiando

así las bases y/o formas antiguas de ver los negocios de las empresas cambiándolas por nuevas estrategias y/o procesos. (p.15)

Stephen (2004), para Stephen la reingeniería es el principio o comienzo de hacer las cosas. La reingeniería es el proceso de cambiar un producto electrónico y mejorar el proceso rediseñándolo. (p.457).

MANGANELLI Raymond y KLEIN Mark. (1994, p.829), según los autores la metodología para la aplicación de la reingeniería de procesos va a consistir en la aplicación de 5 etapas las cuales están divididas o comprendidas en la preparación, la identificación, la visión, el diseño técnico y la transformación. Las aplicaciones de cada una de estas etapas fueron diseñadas con el propósito de aplicar un cambio radical y exhaustivo de los procesos, de tal manera que su aplicación es de forma consecutiva y el término de cada una es importante para la siguiente etapa de la reingeniería de proceso.

Etapas I: Preparación

La etapa de la preparación consiste en la organización de todas las personas que se encuentran involucradas en el desarrollo de la reingeniería de proceso, esta etapa consiste en la movilización, organización y estimulación de todo el personal especializado, es en esta etapa donde se da comienzo al cambio de la estructura de los procesos y de la organización, por lo tanto se tiene que designar y organizar al equipo especializado que conocen los procesos de producción, quienes se encargarán del desarrollo de la reingeniería de proceso de la empresa y se dará inicio a un plan de acción.

Etapa II: Identificación

En esta etapa de identificación se procederá al análisis de todos los procesos que involucran el desarrollo y/o obtención del producto y la capacidad de producción y rendimiento. Asimismo, se identificarán las posibles causas que afectan la producción. En esta etapa procede al análisis de la identificación de hacia dónde se quiere llegar o hacia dónde se orientará o apuntará la empresa. También es en esta etapa donde se establecen y se identifican cuáles serán los objetivos y/o metas, es por ello que la etapa de la identificación consiste en identificar aquellos procesos que involucran un cambio radical (rediseño) del proceso. También es en esta etapa donde se identifican y analizan los recursos de la empresa, es decir, en qué estado o circunstancia se encuentra, etc.

Etapa III: Visión

La etapa de la visión tiene que ver con la identificación y el análisis de los rendimientos de los procesos actuales de la empresa, es decir, que es lo que está pasando con la empresa y cuál es el planteamiento de las posibles mejoras que se pueden realizar como alternativa de cambio y solución, no obstante en la etapa de la visión se plantea el plan de diseño y desarrollo del nuevo proceso que involucra un cambio radical de operaciones que generará mejoras para la empresa en términos de productividad

Etapa IV: Solución diseño técnico

En la etapa del diseño técnico se desarrolla todas las especificaciones técnicas del nuevo proceso que involucra el cambio radical de los antiguos procesos, elaborando los cálculos de producción y el desarrollo de ingeniería de detalle del nuevo proceso de productivo. Así como también el nuevo diseño organizacional, los planes técnicos de producción, fichas técnicas de procedimiento de programación de mantenimiento y cronogramas de producción de abastecimiento de materia prima y de los productos terminados.

Etapa V: Transformación

La finalidad de la etapa de la transformación es generar una visión del nuevo proceso de reingeniería implementado. En esta etapa es donde se realiza una simulación del nuevo proceso desarrollado que se implementará para la empresa, es una simulación de plena producción del nuevo proceso del cual se realizará la reingeniería.

Dimensiones de la reingeniería de procesos

Ingeniería de procesos

Diagrama de procesos

Según González (2013, p. 15), los procesos industriales se van a representar por tres tipos de diagramas las cuales son: diagramas de bloques, diagramas de flujo de proceso, diagramas de procesos e instrumentación. Dichos diagramas representan toda la información de los procesos de manejo de la planta. Asimismo, según sea el tipo de diagrama será el nivel de la información contenida del proceso que va desde lo general hasta lo particular.

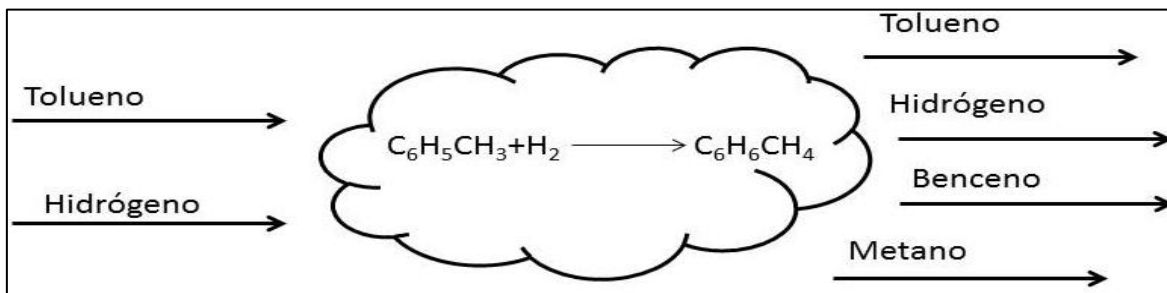
- Diagrama de Entrada - Salida
- Diagrama de Flujo de Bloques (BFD)
- Diagrama de Flujo de Proceso (PFD)
- Diagrama de Tuberías e Instrumentos (P&ID)

Los diagramas de procesos industriales son representaciones gráficas que se utilizan en los diferentes tipos de la industria de producción, estos diagramas sirven para dar a conocer el tipo de proceso de operación y/o funcionamiento que se están utilizando en las plantas de producción. Asimismo, estos diagramas están clasificados según el grado de información que pueda proporcionar, desde una información concreta de lo que se produce hasta la información detallada de todo el proceso operativo para la obtención de los productos.

Diagrama de entradas y salidas:

Las operaciones físicas como químicas que involucran un proceso se representan con un bloque único de diagrama de entrada y salida (input-output diagram) este tipo de diagramas son representativos del proceso y además representan los tipos de producto que entran y salen del sistema. En este tipo de diagramas se utiliza un solo bloque donde se utilizan flechas para representar las entradas y salidas de los productos que ingresan y los productos que salen al final, en donde la materia prima entra por la izquierda y sale por la derecha. Asimismo, pueden mostrarse la cantidad de materia prima y algunas velocidades de operación.

Figura 10: Diagrama de procesos de entradas y salidas



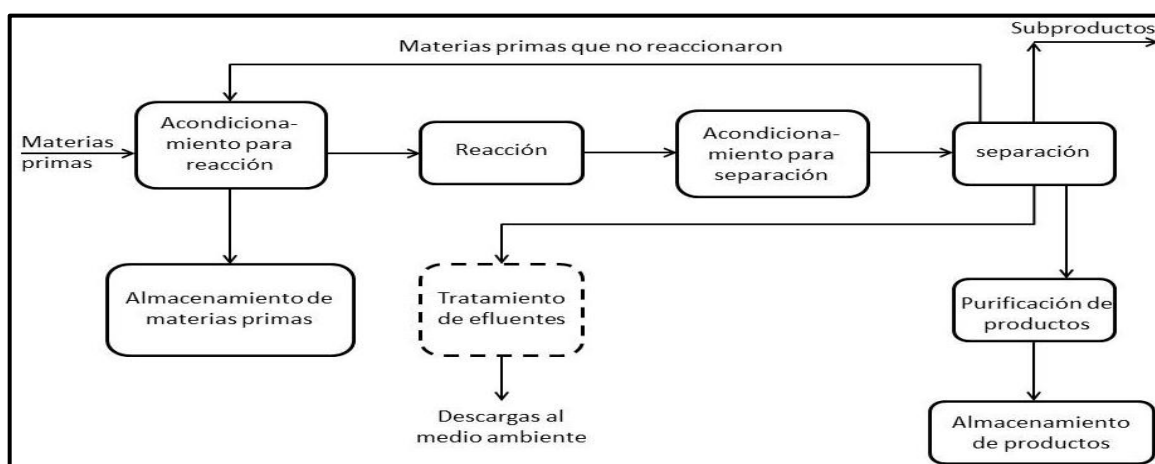
Fuente: Gonzales, Margarita (2013)

De la figura 10 se puede observar el diagrama de entradas y salidas del proceso de hidrodeshidrogenación de Tolueno, en el cual se muestra una visión general resumida del proceso de producción. En este tipo de diagrama se representa a la materia prima como las entradas en el lado izquierdo y a los productos terminados como las salidas en el lado derecho. Estos tipos de diagramas solo sirven para tener una visión general de lo que se tiene como materia prima y lo que se obtiene o se quiere producir.

Diagrama de flujo de bloques de procesos (BFD):

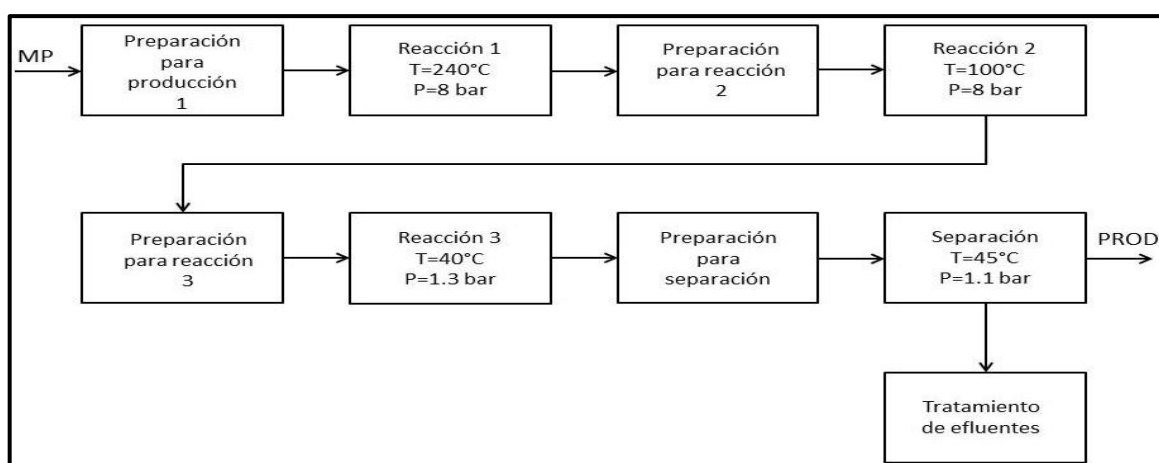
En este tipo de diagrama se tiene una visión general del proceso, no de manera detallada, pero sí de una manera o perspectiva general del proceso que se tiene o que se va a implementar. Asimismo, estos diagramas solo se representan de manera conceptual al proceso que se implementará, no obstante para la elaboración de estos diagramas de bloque debemos partir primero de la selección del tipo de proceso mediante el cual se producirán los productos finales y el tipo de reacción química que tendrá el proceso. Asimismo, los diagramas de flujo de bloques están solo constituidos por flechas de entradas y salidas de los productos y bloques que representan la operación y algunas que otra condición de operación como temperatura y presión (Gonzales, 2013, p.17)

Figura 11: diagrama de general de bloques



Fuente: Gonzales, Margarita (2013)

Figura 12: Diagrama de proceso de producción del ácido nítrico



Fuente: Gonzales, Margarita (2013)

De la figura 11 y 12 se puede observar la representación esquemática del diagrama de flujo de bloques, en el cual se muestra las etapas que intervienen en los procesos de obtención de un producto. En cada una de estas etapas se puede agregar algunos indicadores físicos como temperatura y presión o como también se puede colocar solo el tipo de proceso que intervine en la producción.



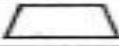
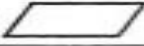



Diagrama de Flujo de Proceso (PFD)

Según Gonzales (2013), los diagramas de PFD son una fuente de información más completa que los diagramas de flujo de bloques (BFD), ya que en este punto se representan todos los

equipos que intervienen en el proceso, el tipo de corrientes y su conexión. Así como las composiciones y condiciones de operación. (p.23).

Se considera importante a este tipo de diagrama de procesos ya que es el punto de partida en donde se procederá a elaborar el proceso de nuestro producto. En este diagrama de flujos y proceso tiene una importancia muy relevante en el proceso debido a que de ello depende el proceso de la elaboración del balance de materia y energía. Una vez establecido y aprobado nuestro balance de materia y energía, recién se procederá a la elaboración de los diagramas P&ID. Cabe mencionar que para la elaboración de los diagramas PFD se utilizan simbologías de las condiciones de operación.

Figura 13: Simbología para las condiciones de operaciones en un diagrama PFD

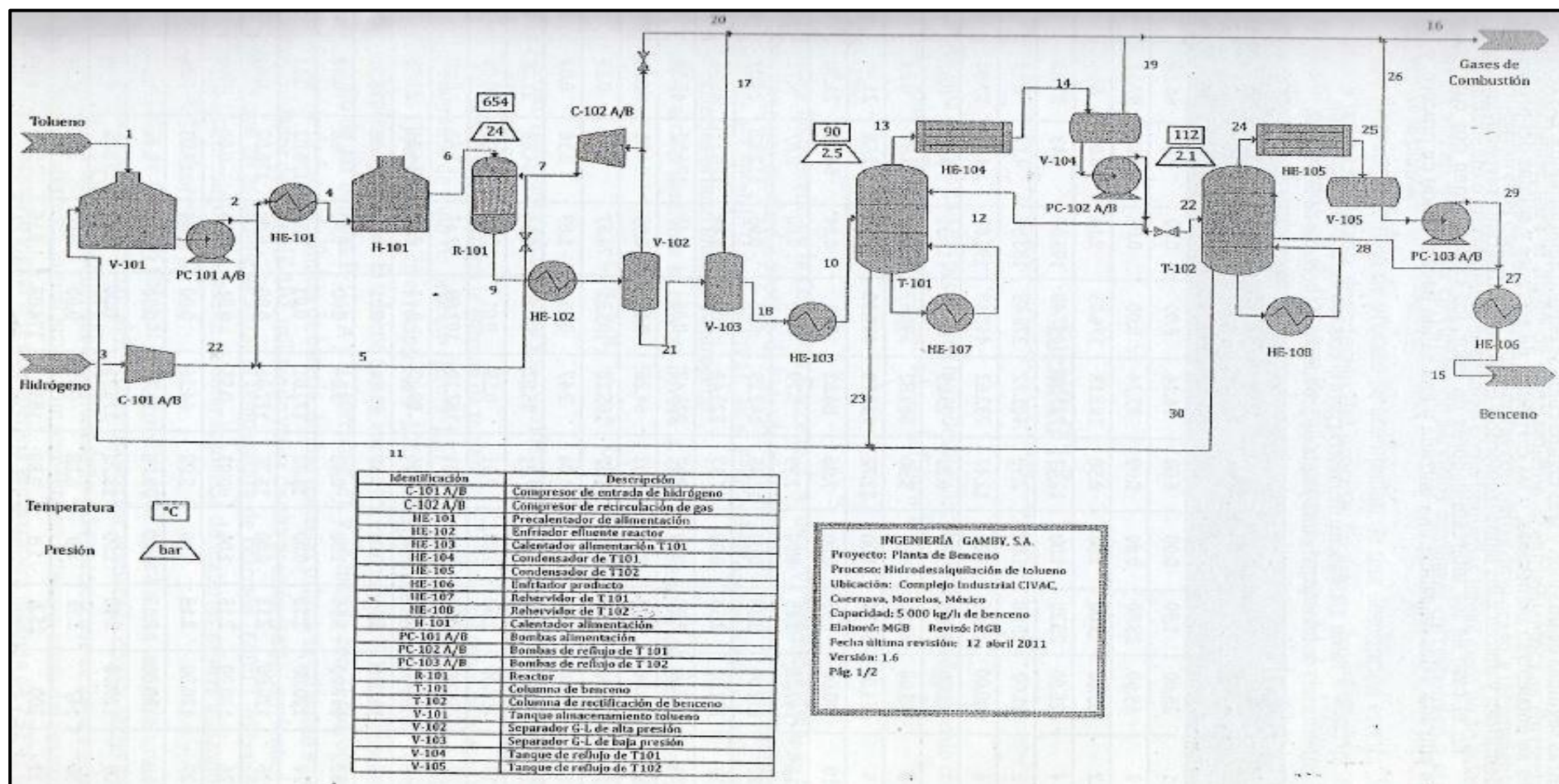
Condición	Simbología
Identificación de corriente	
Temperatura (°C)	
Presión (bar)	
Flujo másico (kg/h)	
Flujo molar (kmol/h)	
Flujo de líquido	
Flujo de vapor	

Fuente: Gonzales, Margarita (2013)

De la figura 13 se puede observar las simbologías principales que se utilizan para la elaboración de los diagramas de flujos de procesos. Estas simbologías sirven para poder definir y entender las corrientes o flujo que entran y salen de un sistema a otro y sus condiciones de operación.

De la misma forma en la figura 14 se muestran las simbologías usadas para la elaboración de diagramas de flujos de procesos conocido como diagrama PFD. En ella se puede observar claramente algunas simbologías usadas como la entrada de flujos al proceso, así como también la enumeración de los flujos de entrada (ver figura 14).

Figura 14: PFD de hidrodesalquilación de tolueno con entradas de servicios auxiliares



Fuente: Gonzales, Margarita (2013)

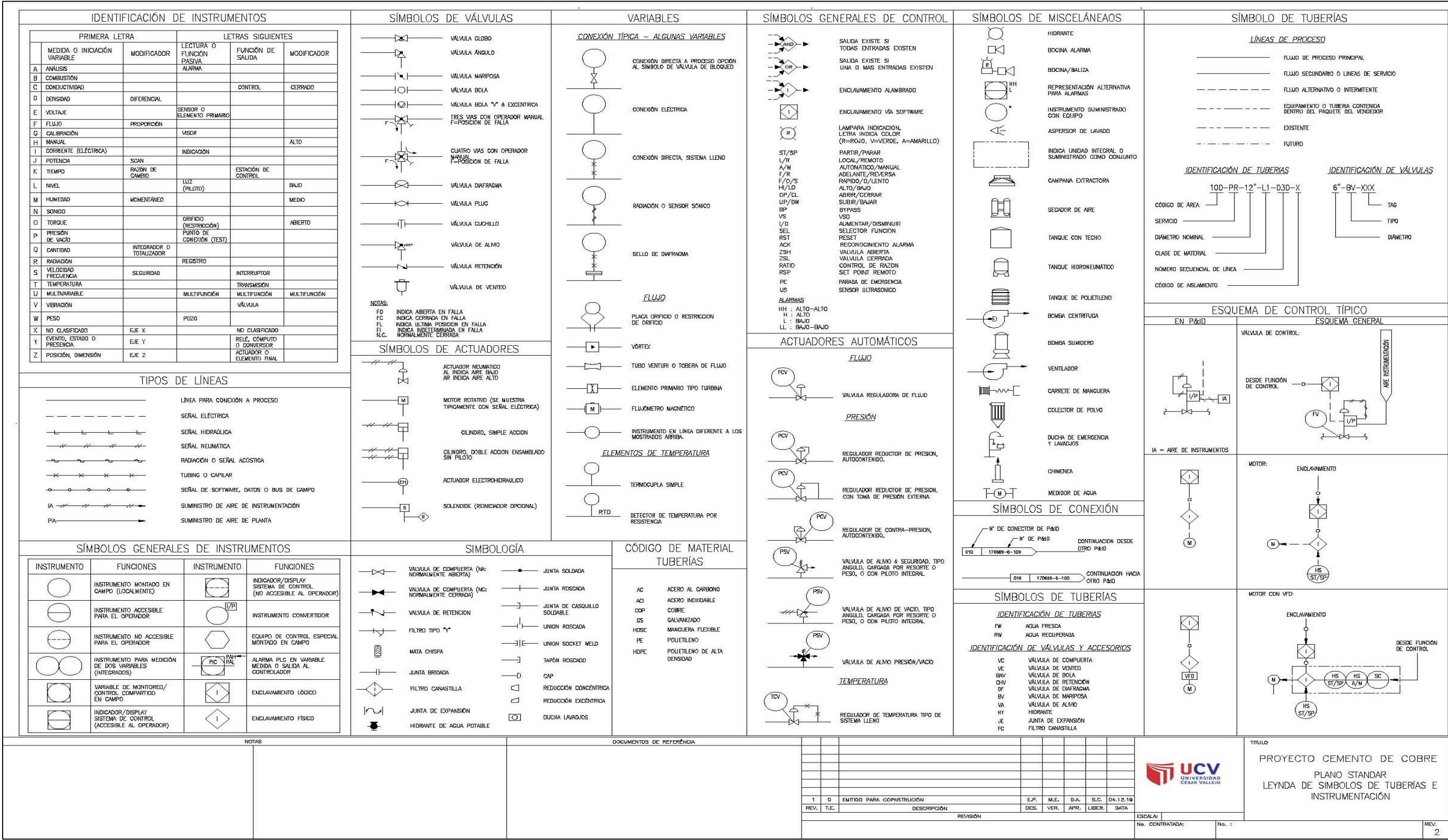
Diagrama de Tuberías e Instrumentos (P&ID)

En relación al diagrama de tuberías e instrumentación (PID) según mi experiencia en el campo de la industria del diseño de ingeniería y construcción del sector energía, petróleo y gas; estos diagramas P&ID son la base de información del proceso de producción, estos diagramas sirven para el proceso de construcción y además es fundamental en el proceso de producción debido a que cuenta con toda la información de tipos de tubería, material, equipos, diagramas de control de operación, instrumentos tipos de instrumentos, según sea la condición y operación del proceso

Según Gonzales (2013), una vez terminado la elaboración de nuestro diagrama de flujo de procesos PFD se procede al diseño de los diagramas de proceso de tuberías e instrumentación. Es en este tipo de diagramas P&ID en donde se colocan las corrientes que intervienen en el proceso conectándolas con los equipos correspondientes. Asimismo, se colocan los nombres de los productos del proceso en cada línea de la corriente, estos nombres de las corrientes son los números de líneas que contienen la codificación de la línea, como el nombre del producto transportado, el tipo material de las tuberías. No obstante, en estos diagramas P&ID también se colocan todos los equipos que intervienen en el proceso de transformación como los tipos válvulas, instrumentos de medición de temperatura conocidos como sistemas de control de presión y temperatura, así como sistemas lógicos de control de cierres de válvulas. Estos sistemas lógicos de control son monitoreados desde un centro de control automatizado en donde se controla todos los procesos de la planta. En ella se puede controlar los niveles de presión y temperatura, así como la apertura automática de las válvulas de control y motorizadas, que regulan el flujo del producto transportado. (p.37)

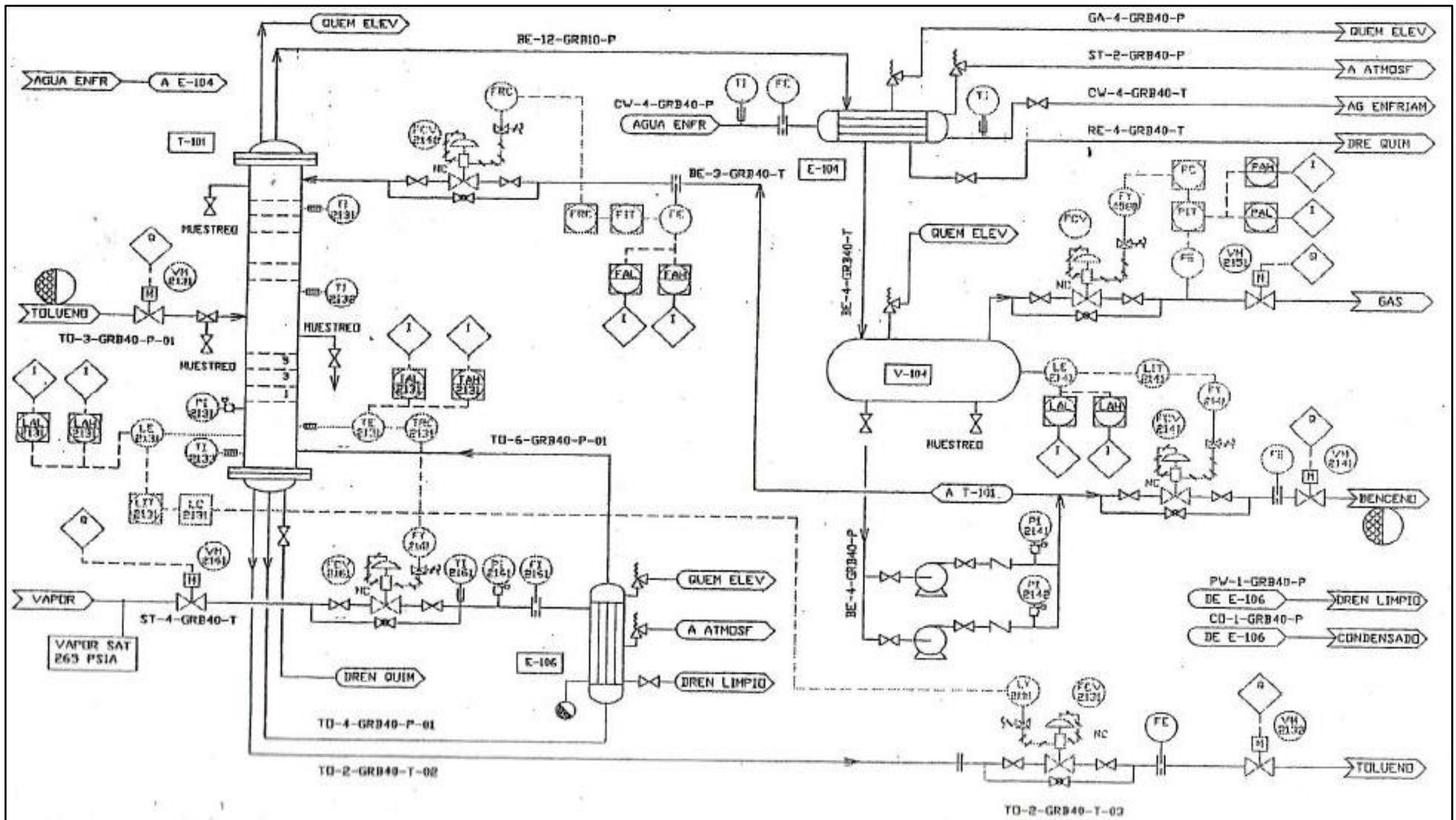
En la figura 15 se muestran los diferentes tipos de simbología usadas para la elaboración de los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID). Estos tipos de simbología son usados para la representación más detalladas de los diagramas de procesos de la planta. Cabe resaltar que en todas las empresas elaboran sus propios tipos de simbología tomando como referencia simbologías estandarizadas según normas internacionales (ver figura15)

Figura 15: Simbologías de equipos para armar los diagramas P&ID



Fuente: elaboración propia

Figura 16: Diagrama de tuberías e instrumentación de una torre de destilación



Fuente: Gonzales, Margarita (2013)

En la figura 16 se muestra el diagrama de tuberías e instrumentación de un sistema de procesos de destilación de benceno. Los diagramas de tuberías e instrumentación son llamados por sus siglas P&ID sirven para poder tener una lectura general de todo el proceso de producción de un producto. En estos tipos de diagramas se puede apreciar el ingreso de la materia prima y los diferentes procesos que intervienen hasta su transformación y/o obtención final del producto. En este tipo de diagrama se esquematizan los diferentes tipos de equipos como, por ejemplo: bombas, tanques, torres de fraccionamiento, reactores, válvulas, compresores, equipos de sistema de enfriamiento, intercambiadores de calor, sistemas de instrumentación, etc.

Asimismo, Estos tipos de diagrama son los que brindan la mayor información del proceso de producción y es de vital importancia su elaboración en las diferentes industrias debido a que muestra todo el sistema de producción de toda la planta. Además, es en este tipo de diagramas en el cual los ingenieros de producción, químicos, de mantenimiento, etc. Pueden entender, estudiar y/o mejorar los procesos de producción.

Además, que en este tipo de diagramas sirven para la identificación rápida de las áreas de producción e identificación de posibles problemas de proceso y también para la programación de mantenimiento preventivo y/o mejora.

Diseño y análisis de los procesos

Diseño del proceso

Según Gonzales (2013, p.82), para llegar a esta etapa ya se debe de contar con un estudio de mercado que determine la capacidad de planta y/o producción. Asimismo, como el estudio de factibilidad técnico económico del proceso a implementar es recomendable elegir bien el proceso a implementar; es por ello que se opta por elegir procesos simples en donde se encuentra a disposición la materia prima, ya que estas tienen que contar con las especificaciones técnicas requeridas para la producción y a su vez que no generen subproductos que sean tóxicos, que generen el menor impacto ambiental, que no generen un costo de tratamiento de efluentes, que el proceso de producción no sea muy elevado y la producción sea muy eficiente.

Síntesis para un nuevo proceso utilizando el método por secciones

1. Definición de la base de diseño
2. Decisión del tipo de régimen del proceso (continuo o intermitente)
3. Identificación de la estructura de entradas y salidas
4. Diseño del diagrama de bloques del proceso
5. Diseño del flujo preliminar
6. Diseño del sistema de reacción
7. Diseño de la estructura general del sistema de separación
8. Diseño de red de intercambio térmico o sistema de recuperación de energía
9. Identificación de los servicios auxiliares del o de los procesos de un complejo

Balance de materia

Según Gonzales (2013, p.134), el balance de materia es la base de diseño de todo proceso ya que aquí es donde se determina las cantidades de materiales que se utilizarán y la cantidad de productos obtenidos.

Para hacer el análisis de balance de materia se puede tomar una porción del sistema o en su defecto se puede tomar el análisis en conjunto de todo el sistema, de esta manera cuando se toma todo el bloque en conjunto y se determina un límite, lo que queda a fuera se llama alrededores y se clasifican en:

1) De acuerdo al intercambio de materiales

- Sistema abierto (continuo): es aquel en que se transfiere material por la frontera del sistema, esto es, entra y sale del sistema.
- Sistema cerrado (por lotes): no hay transferencia de material con el medio exterior.
- Sistema semicontinuo: hay intercambio en la entrada o en la salida.

2) De acuerdo al régimen de operación

- Sistema en régimen estacionario: cuando las variables involucradas en dicho sistema (por ej. la temperatura, la presión, la composición, etc.) no varían con el tiempo para un proceso en estado estacionario.

A: Acumulación dentro del sistema

S: Salidas por los límites del sistema

G: Generación dentro del sistema

C: Consumo dentro del sistema

$$E + G = S + C$$

Entrada = salida

- Sistema en régimen no estacionario (transitorio): cuando las variables involucradas en dicho sistema varían con el tiempo.

De acuerdo a la ley de la conservación de masa:

Material acumulado = Entrada – salida + generación – consumo

$$A = E - S + G - C$$

A: Acumulación dentro del sistema

E: Entradas por los límites del sistema

S: Salidas por los límites del sistema

G: Generación dentro del sistema

C: Consumo dentro del sistema

Diseño de la ingeniería

Diseño de estructuras metálicas

McCormac, Jack (2003, p.1), según el autor nos manifiesta que las estructuras metálicas son, tal vez, las más versátiles de todos los materiales estructurales que existen ya que tienen grandes cualidades físicas tanto para su fabricación como para su construcción.

Ventajas:

- **Alta resistencia;**

La alta resistencia del acero hace que las estructuras sean de bajo peso.

- **Uniformidad**

Las propiedades del acero no cambian en el tiempo.

- **Elasticidad**

Presentan altos comportamientos elásticos, ya que sigue la ley de Hooke

- **Durabilidad**

El tiempo de duración y/o durabilidad es indefinido bajo ciertas condiciones de mantenimiento a base de pintura.

- **Ductibilidad**

Presentan la capacidad de maleabilidad de resistir grandes deformaciones sin quebrarse durante el proceso de fabricación de los perfiles estructurales.

- **Tenacidad**

Presentan la capacidad de resistir grandes deformaciones durante el proceso de fabricación de las estructuras, resistencia a elementos mecánicos de perforación, corte, golpes, etc.

Desventajas:

- **Costo de mantenimiento:**

Los aceros presentan desventajas a la corrosión por exposición al ambiente, esto implica costos de mantenimiento en pinturas.

- **Costo de protección contra el fuego**

Las estructuras de acero no son combustibles, pero su resistencia al fuego se limita cuando se encuentra expuesto a grandes incendios, es por ello que se requieren protección contra incendios.

- **Susceptibles al pandeo**

Las estructuras de acero tienen la limitación de que cuando más largo sea el perfil estructural presenta menor resistencia al pandeo.

- **Fatiga**

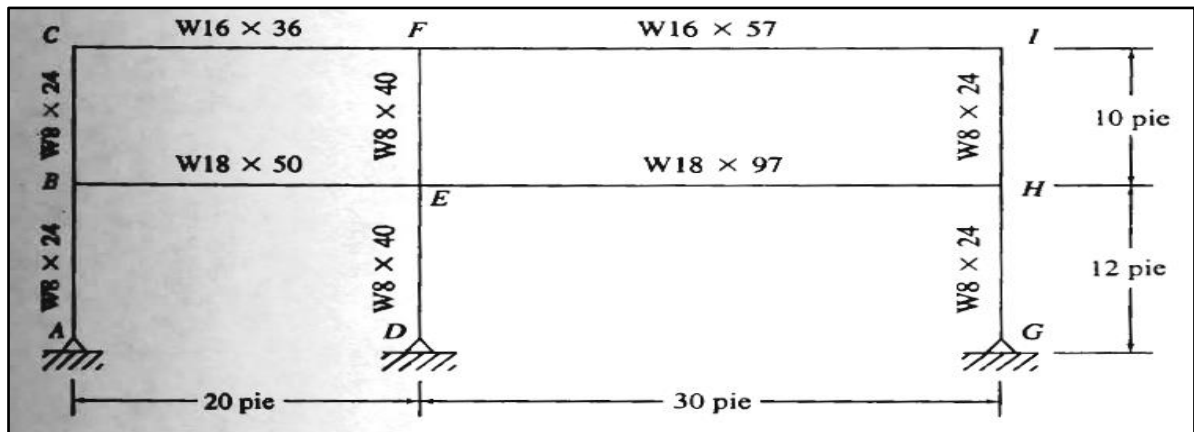
Las estructuras de acero tienen la limitación cuando se someten a grandes esfuerzos de tensión.

- **Fractura frágil**

Depende de las condiciones de operaciones del acero, este puede dejar de ser dúctil debido a la concentración de esfuerzos.

A continuación, se muestra una forma esquemática de representación de estructuras Figura

Figura 17: Esquema de factores de longitudes efectivas de acero

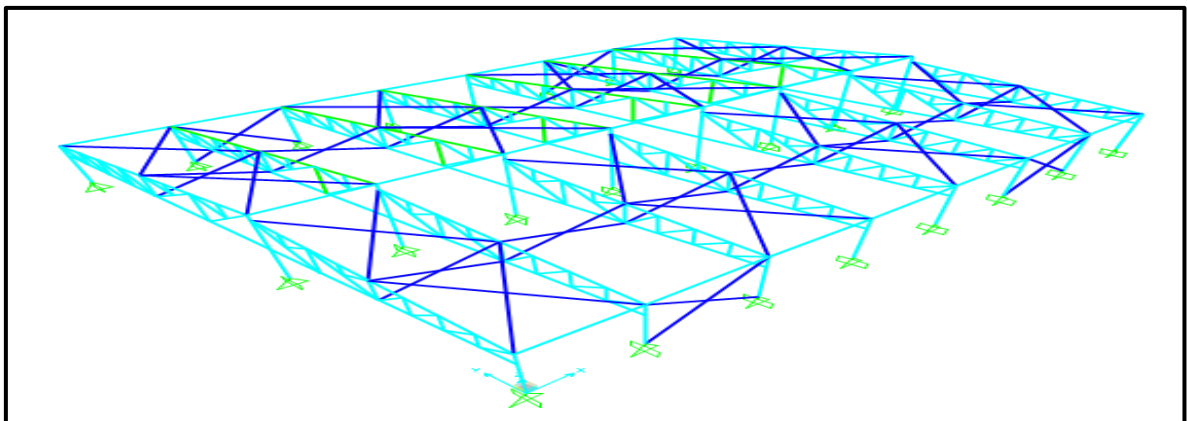


Fuente: McCormac, Jack (2003)

De la figura 17 se puede observar la forma de representación esquemática de representación de un sistema de soporte estructural la cual es en forma de líneas y representan los ejes de cada soporte y su codificación según sea el perfil estructural utilizado.

Cálculo de flexibilidad de estructura

Figura 18: Flexibilidad de estructuras metálicas

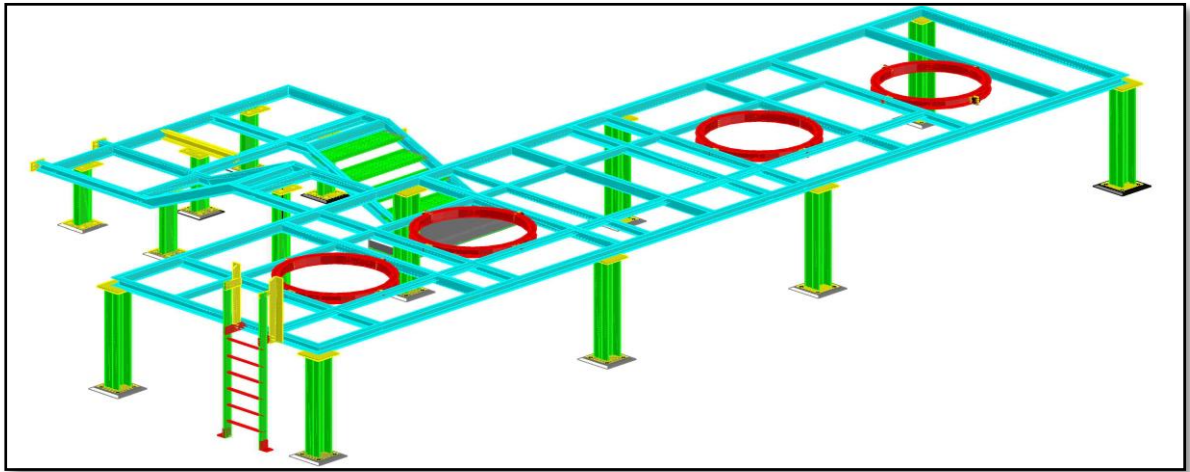


Fuente: elaboración propia

De la figura 18 se observa la representación de tipo esquemático de una nave o galpón estructural en el cual se está desarrollando el sistema de cálculo estructural en el software sap2000.

Modelamiento 3D de estructuras

Figura 19: Modelamiento 3D de plataforma estructural



Fuente: elaboración propia

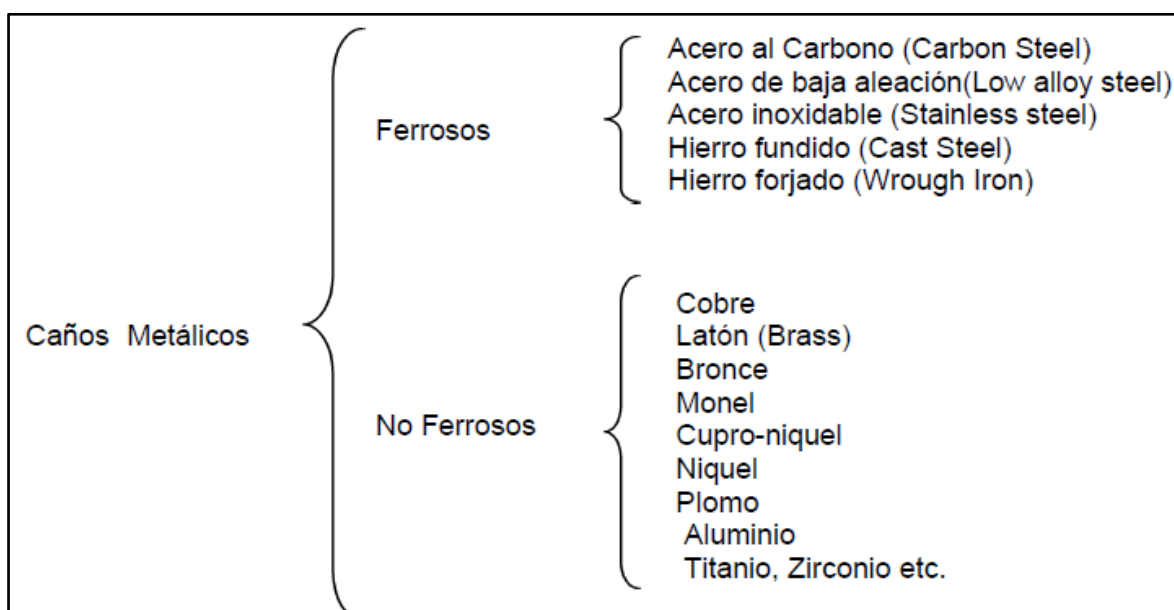
La figura 19 se puede apreciar el diseño 3d de una plataforma estructural diseñado en software **AutoCAD**. Este tipo de modelamiento 3d permite tener una idea más clara del diseño de estructura que se realizará.

Diseño de tuberías

Golfman, Fernando (2003, p.1), el autor menciona que las cañerías vienen hacer conductos cerrados que transportan fluidos y estos conductos son completamente cerrados y el fluido moja toda la superficie del conducto. Las cañerías se utilizan en cualquier tipo de industria. Estas tuberías tienen la peculiaridad de soportar grandes presiones de hasta 4000 Kg/cm² (400MPa) desde el cero absoluto hasta temperaturas de fusión de los metales.

El diseño de tuberías también conocido como diseño de piping es la manera de elaborar sistemas de recorridos de tuberías para el transporte de fluidos, para ello se tiene que escoger el tipo de material según el tipo de fluido a transportar.

Figura 20: clasificación de los caños metálicos según norma ASTM



Fuente: Golfman, Fernando (2003)

De la figura 20 se puede observar el tipo de material utilizado para el diseño de tuberías, según sea la condición del metal, para metales ferrosos y no ferrosos.

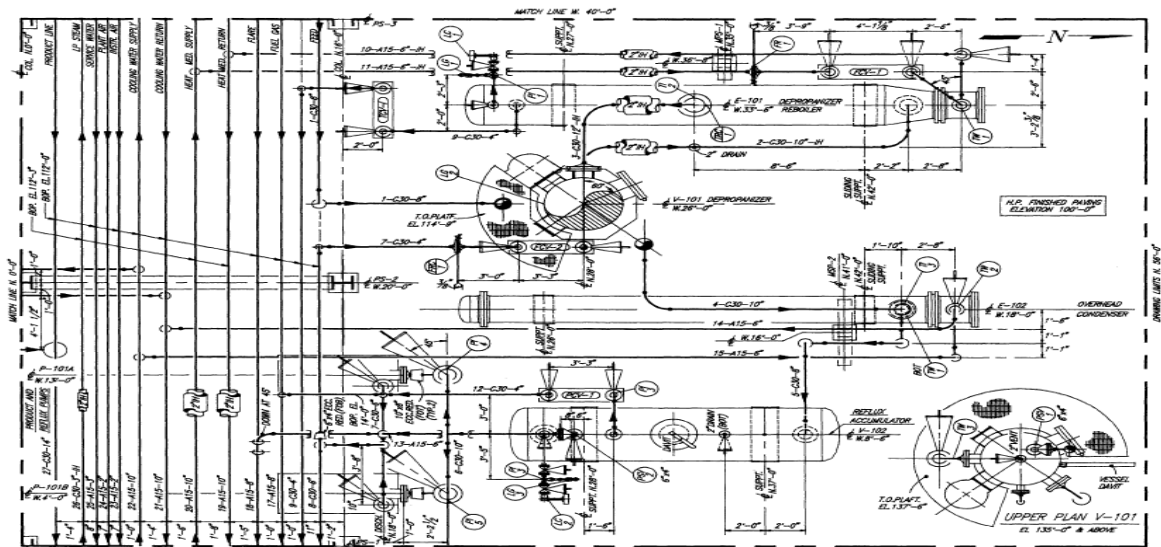
Figura 21: Diámetros de tuberías

NOMINAL PIPE SIZE		OUTSIDE DIAMETER		STANDARD		EXTRA STRONG		XX STRONG	
IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM	IN.	MM
2	50.8	2.375	60.3	.154	3.912	.218	5.53	.436	11.07
3	76.2	3.5	88.9	.216	5.486	.300	7.62	.552	15.24
4	101.6	4.5	114.3	.237	6.02	.337	8.58	.674	17.12
6	152.4	6.625	168.3	.280	7.12	.432	10.97	.864	21.94
8	203.2	8.625	219	.322	8.17	.500	12.70	.875	22.22
10	254	10.75	273	.365	9.27	.500	12.70	1.00	25.4
12	304.8	12.75	323.9	.375	9.525	.500	12.70	1.00	25.4
14	355.6	14	355.6	.375	9.525	.500	12.70		
16	406.4	16	406.4	.375	9.525	.500	12.70		
18	457.2	18	457.2	.375	9.525	.500	12.70		

Fuente: Parish, Roy y Rhea, Rober (2003)

En la figura 21 se muestra los diámetros de tuberías normalizadas SCH STD en pulgadas de 2" hasta 18". Ahí se visualiza los espesores de pared en pulgadas y milímetros.

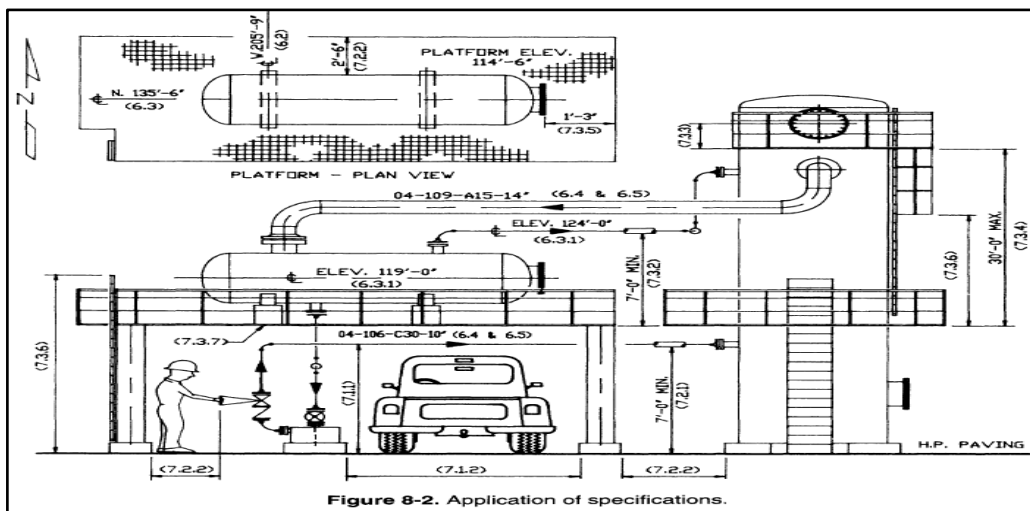
Figura 22: Arreglo general de tuberías.



Fuente: Parisher, Roy y Rhea, Robert (2003)

En la figura 22 se muestra la disposición de un arreglo general de tuberías en el cual se aprecia claramente la disposición que recorre las líneas de procesos llegando a cada uno de los equipos que involucran en la producción.

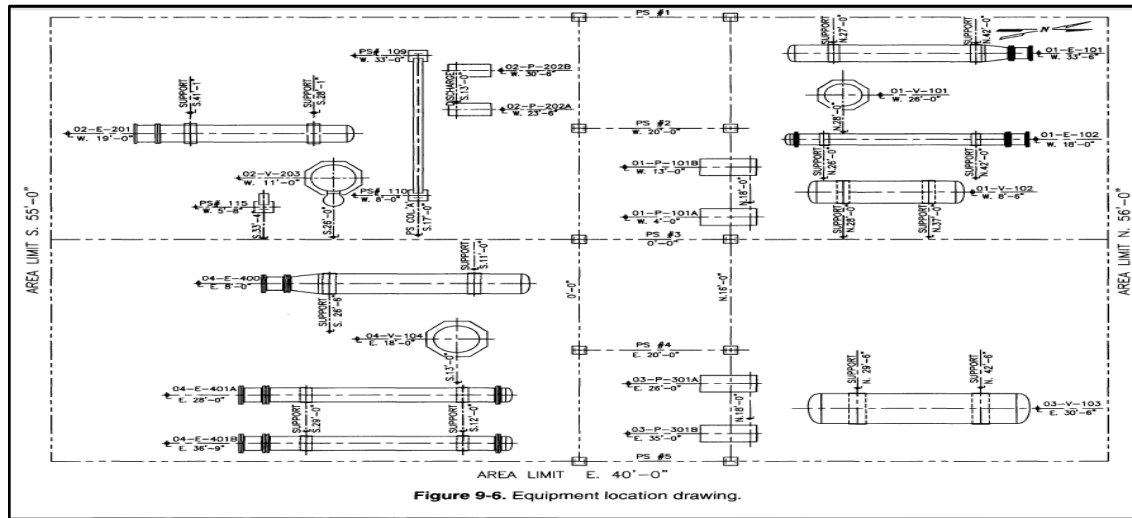
Figura 23: Arreglo general de tuberías.



Fuente: Parisher, Roy y Rhea, Robert (2003)

En la figura 23 se muestra el recorrido de tuberías en forma de doble línea y en vista de elevación en donde se puede apreciar la ubicación, dimensiones de los equipos mecánicos, plataformas, etc.

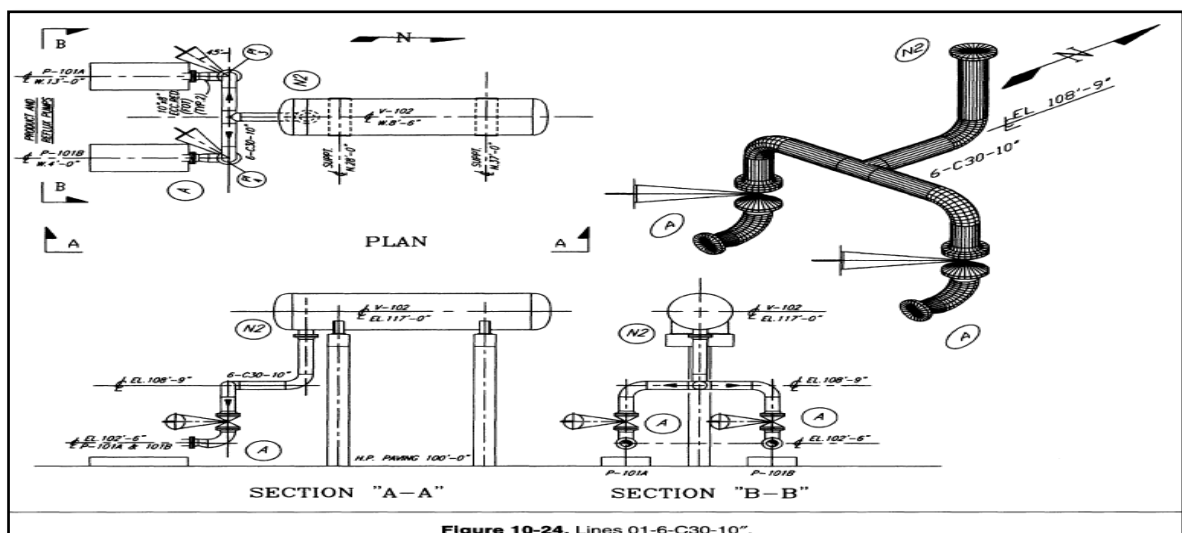
Figura 24: Ubicación de equipos en el dibujo



Fuente: Parish, Roy y Rhea, Robert (2003)

En la figura 24 se aprecia el arreglo general mecánico de equipos en el cual se encuentran distribuidos los equipos que intervienen en el proceso de producción.

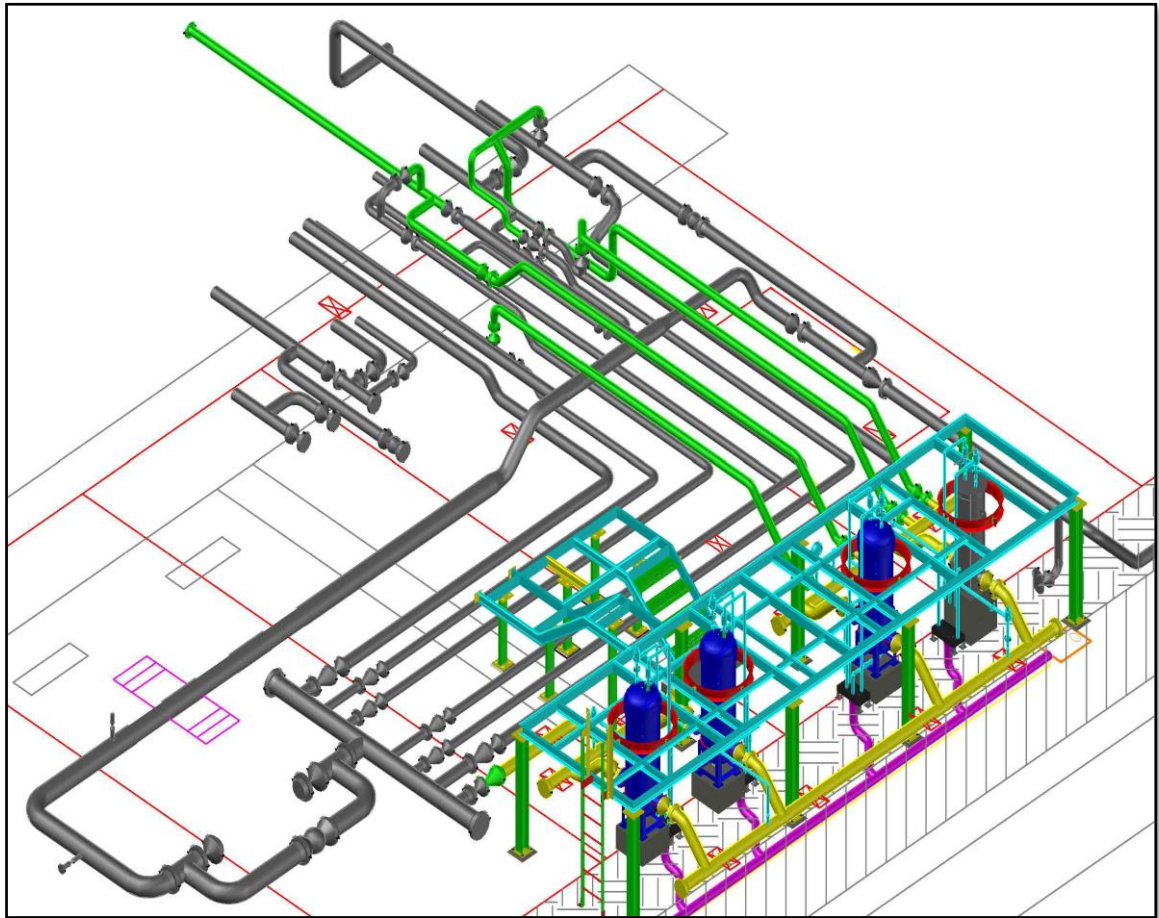
Figura 25: Dibujo de arreglo de vistas de tuberías



Fuente: Parish, Roy y Rhea, Robert (2003)

La figura 25 muestra la disposición de equipos en vista de planta y elevación. Así como también la vista del recorrido de tubería en perspectiva isométrica, mostrando el ingreso y salida de las líneas de tuberías a los equipos.

Figura 26: Elaboración de maqueta 3D de arreglo de tuberías



Fuente: Elaboración Propia

La figura 26 muestra el recorrido de tuberías en 3D (tres dimensiones) para obtener una mejor comprensión de los planos y/o ubicación en el espacio. Estos tipos de dibujos son elaborados en software de diseño de ingeniería como el AutoCAD, cadworx, AutoCAD plan3d, Smart plan, etc. Con la finalidad de poder realizar los planos de arreglo generales del sistema de recorridos de tuberías en planta 2D. Así como también los planos de construcción, los cuales son planos isométricos. Con estos tipos de diagramas en 3D los técnicos de construcción podrán comprender aquellos planos de construcción que resulten un poco complejos.

Asimismo, la elaboración del diseño de plantas en 3D sirven para detectar fallas como interferencias posibles antes de la construcción y con ello poder realizar las mejoras correspondientes.

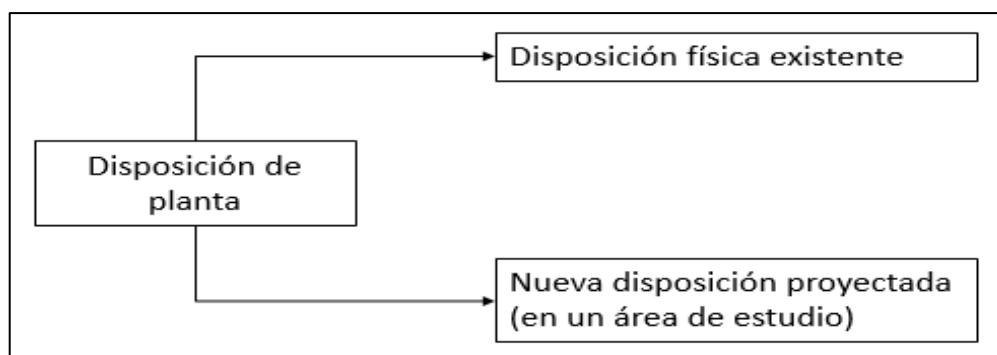
Distribución de plantas

De La Fuente y Fernández (2005), indican que el hablar de la distribución de planta es hablar de un reordenamiento y distribución de los elementos y factores que se encuentran dentro de un área establecida, por lo tanto, la distribución de planta involucra la ubicación adecuada de todos los equipos y elementos industriales que intervienen dentro de un proceso de producción de una empresa. Asimismo, tiene como propósito que dicha distribución sea adecuada de la mejor manera posible con el fin de aumentar y mejorar los procesos de producción de una manera eficiente para lograr los objetivos trazados por la empresa. (p.3)

Muther (1981, p.15), menciona que el propósito de la distribución de planta es el ordenamiento físico de los elementos y factores (que intervienen en el proceso productivo) dentro de un espacio físico y establecido que cumplan con ciertos parámetros de producción. Asimismo, que ayuden a que el proceso de producción sea seguro para el operador de planta y que ayuden en el beneficio del aumento de la producción para el cumplimiento de los objetivos y/o propósitos establecidos por la empresa.

Jarufe y Noriega (2007), según los autores en su libro titulado “Disposición de Planta” es el ordenamiento físico de los elementos y factores que intervienen en el proceso de producción de una planta en donde cada uno de ellos se encuentra establecido en una determinada ubicación de tal manera que las operaciones y/o procesos de producción sean seguras y que contribuyan en el cumplimiento de los objetivos de producción para el beneficio de la empresa. Asimismo, una disposición de planta puede ser una disposición física nueva o existente. (p.109).

Figura 27: Disposición de planta



Fuente: Díaz, Jarufe y Noriega

VENTAJAS

Díaz, Jarufe y Noriega, (2007, p.110), según los autores una buena disposición de planta otorga ventajas para la empresa en términos de reducción de costos de producción y aumento de la productividad como resultado de los siguientes parámetros y/o puntos establecidos:

- **Reducción**
 - De la congestión y confusión.
 - Del riesgo para el material o su calidad.
 - Del material en proceso.
 - Del riesgo para la salud y el aumento de la seguridad de los trabajadores.
 - Del manejo de materiales.
 - De la inversión en equipo.
 - Del tiempo total de producción.
- **Eliminación**
 - Del desorden en la ubicación de los elementos de producción.
 - De los recorridos excesivos.
 - De las deficiencias en las condiciones ambientales de trabajo.
- **Facilitar**
 - O mejorar el proceso de manufactura.
 - La definición de la estructura organizacional.
 - El ajuste a los cambios de condiciones.
- **Uso más eficiente**
 - De la maquinaria, de la mano de obra y de los servicios.
 - Del espacio existente.
- **Mejora de las condiciones de trabajo para el empleado.**
- **Logro de supervisión más fácil y mejor.**
- **Incremento de la producción.**

Principios Básicos de distribución de planta

Muther, Richard (1981, p.18-21), Las ventajas de la distribución de planta van desde las mejoras en términos de control de costos, mayor facilidad de mantenimiento, mejor disposición de los obreros para el trabajo, mejor espacio de trabajo y hasta mejoras en las condiciones sanitarias. Para conseguir estos resultados se establecen principios básicos:

1. Principio de integración de conjunto

La integración de conjunto es la unión de todas las partes de una unidad operativa de producción, es decir, la integración de los hombres, máquinas y todos los factores que intervengan en el proceso de las operaciones de las empresa. Es por ello que el compromiso es de todos para el buen funcionamiento en conjunto de trabajo en equipo.

2. Principio de la mínima distancia recorrida

El principio básico de la mínima distancia de recorrido entre los procesos de producción es de vital importancia ya que se requiere que las operaciones de transformación de los materiales sea la más corta con la finalidad de eliminar tiempos y transportes que no contribuyan al proceso de producción.

3. Principio de la circulación o flujo de materiales

El principio de la mínima distancia de recorrido es el complemento de la circulación de materiales ya que se requiere el flujo de los materiales sea consecutivo a cada proceso de transformación en las líneas de producción, de modo que cada proceso esté en secuencia progresiva.

4. Principio del espacio cúbico

El principio del espacio cúbico hace referencia al espacio utilizado, en el cual se menciona que se tiene que utilizar el espacio de marea efectiva, esto quiere decir, utilizar los espacios que se encuentran por encima de nuestras cabezas y o bajo el nivel del suelo

5. Principio de la satisfacción y seguridad del trabajador

El principio básico de la satisfacción del trabajo nos habla sobre el estado emocional y comodidad de los trabajadores de la planta, lo cual es uno de los factores más importantes para los procesos de producción debido a que tener un trabajador y operador de planta

satisfecho trabajará de forma segura en las líneas de producción, automáticamente se conseguirá mejoras en los resultados de producción.

6. Principio de la flexibilidad

El principio de la flexibilidad menciona y establece que siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada y ordenada con el mínimo presupuesto establecido y que presente menos inconvenientes, obviamente es mejor un reordenamiento de las áreas de proceso con cero costos de distribución de equipos. No obstante, cabe mencionar que el tiempo de demora de la distribución en las áreas de producción son puntos en contra para la empresa ya que sus líneas de producción dejan de producir y generan pérdidas, es por ello que se busca una distribución de planta fácilmente adaptable al cambio en términos de rapidez y economía.

Tipos de distribución de planta

Muther, Richard (1981, p.18-24), según el autor los análisis de los tipos de distribución de planta conducen a conocer los diversos tipos que existen, ello tiene que ver por su naturaleza de producción, esto quiere decir, que el tipo de distribución de planta dependerá de la naturaleza de producción de los materiales y sus características, en consecuencia, durante la transformación de los materiales a productos obtenidos les suceden tres cosas: el cambio de su forma, el traslado y el montado.

- El cambio de su forma se llama elaboración (o fabricación).
- El cambio de sus características se llama tratamiento.
- La adición de otros tipos de materiales, a una primera pieza se le llama montaje

Asimismo, Muther menciona que existen tres tipos de distribución de planta

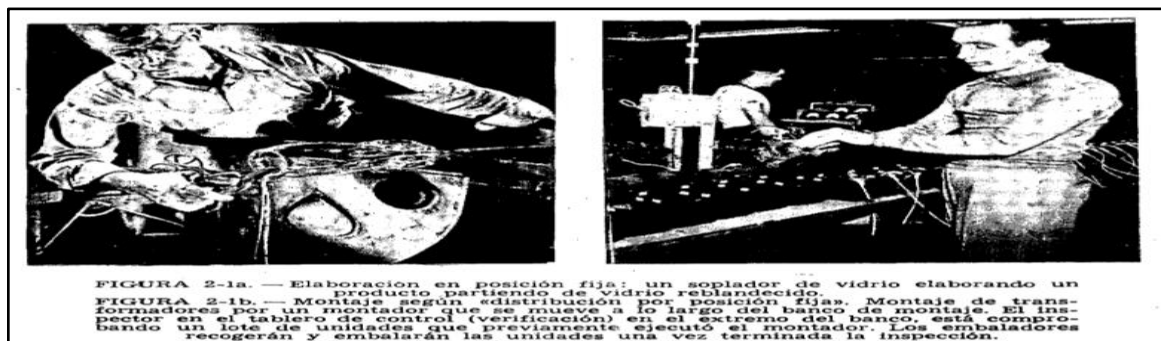
- **Distribución por posición fija**

La distribución por posición fija hace mención propiamente dicho a que los materiales no cambian y/o varían su posición o ubicación dentro del área de producción, esto quiere decir, que su posición queda invariable y con ello todos los procesos que intervienen (personal, máquinas, herramientas) en la transformación del material a producto tiene que concurrir a ella.

Ventajas:

- Minimiza el manejo del producto.
- Permite que se realice cambios frecuentes en el producto y en la secuencia de sus operaciones.
- Es flexible, ya que no requiere una distribución muy organizada ni costosa.

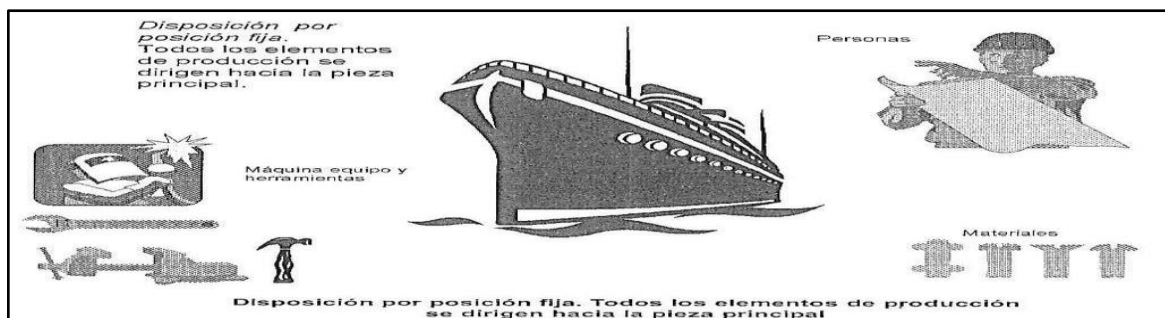
Figura 28: Disposición por Posición Fija



Fuente: Muther (1981)

De la figura 28 podemos observar el tipo de disposición fija de trabajo, es decir, los materiales que intervienen en el trabajo concurren a un punto específico en donde se encuentra el trabajador.

Figura 29: Tipos de áreas de trabajo por posición fija



Fuente: Díaz, Jarufe y Noriega (2007)

De la figura 29 podemos observar las diferentes áreas de trabajo donde se desarrollan el tipo de trabajo de disposición fija, ya sean los materiales o personal humano.

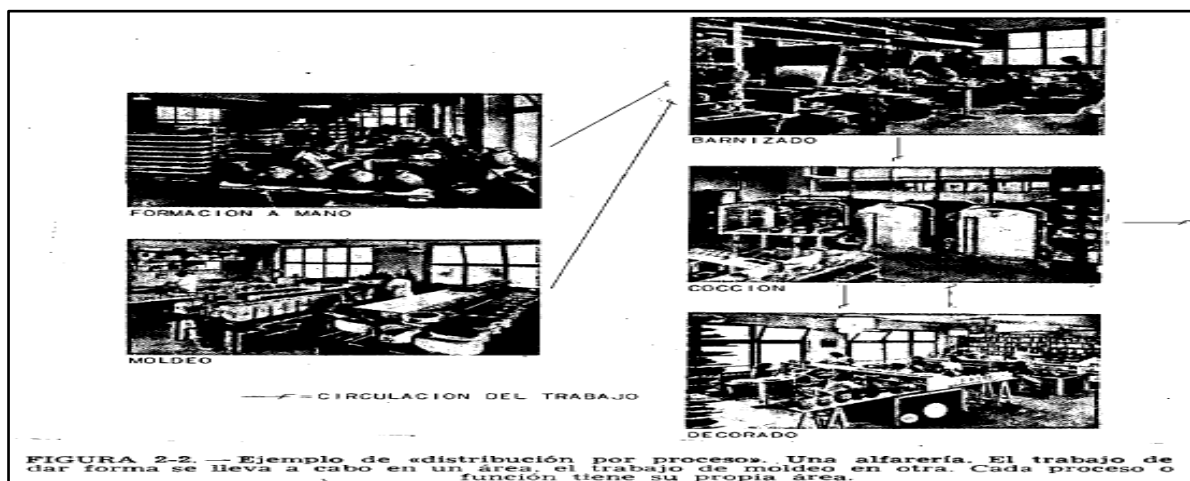
Distribución por proceso o por función

La distribución por proceso hace referencia a la producción por tipo de proceso de transformación del producto, es decir, que según sea el tipo de transformación del producto tendrán un área distinta donde se encuentran todos los equipos y herramientas necesarias para dicho proceso, ejemplo claro es en las empresas de metal mecánica donde tienen áreas destinadas al corte y transformación de las estructuras metálicas, otra área exclusivo de soldadura y otra de pinturas en donde cada área cumplen procesos distintos.

Ventajas:

- Mejor utilización de la maquinaria
- Se adapta al tipo de proceso de producción
- Se adapta a los cambios bruscos en la demanda.
- Continuidad de la producción en caso de problemas que se susciten en planta como:
 - Para de maquinaria por avería.
 - Falta de mano de obra.
 - Falta de materiales.

Figura 30: Disposición por proceso



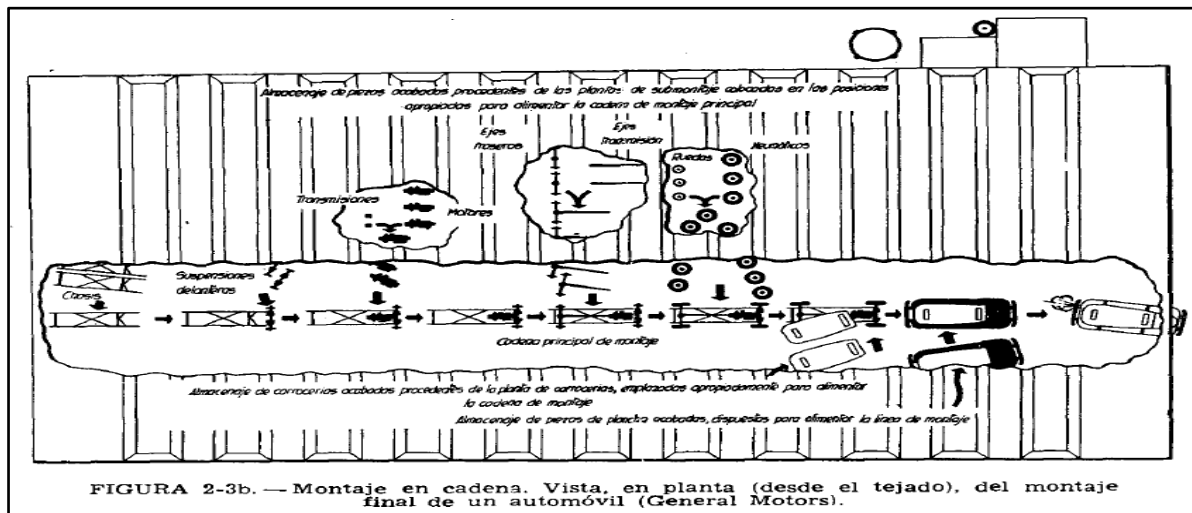
Fuente: Muther (1981)

De la figura 30 se puede observar un ejemplo de trabajo en donde se aplica el tipo de distribución de planta por disposición por proceso el cual es el proceso de fabricación de alfarería, metal mecánica, etc.

Distribución en línea cadena o por producto.

La distribución por producto es también conocida como la distribución en línea o cadena debido a que los materiales de producción se encuentran en movimiento en una línea de procesos donde las máquinas y el personal se encuentran ubicadas en una determinada línea de producción diferente a la anterior, un claro ejemplo se encuentra en la línea de ensamblaje de autos Toyota, planta de producción de lácteos, planta de producción de bebidas de gaseosas, etc.

Figura 31: Disposición por producto



Fuente: Muther (1981)

En la figura 31 Podemos observar el tipo de diseño de planta por disposición por producto. En ella se observa claramente una línea de ensamblaje de autos en donde las partes de autos se ensambla en un área determinada de línea de producción donde los operarios y máquinas son fijas.

Ventajas

- Mínimo manejo de materiales.
- Tiempos de procesos de producción relativamente bajos
- Mayor eficiencia en la mano de obra ya que hay mayor entrenamiento.
- Facilidad en el control de producción y en los trabajadores.
- Mayor flujo y eficiente uso de suelo.

La célula de trabajo

Jarufe y Noriega (2007), según los autores afirman que existen 3 tipos de distribución de planta, las cuales son la distribución por disposición fija, la disposición por procesos y la distribución por productos. No obstante, los autores mencionan una cuarta disposición a la cual llaman distribución celular la cual es el resultado de la distribución por procesos y la distribución por productos. Este tipo de distribución permite alcanzar eficiencia y flexibilidad en la producción de productos de una misma familia (p.109).

VENTAJAS

- Entrenamiento de operarios para realizar distintas operaciones dentro de la célula.
- Reducción de inventarios
- Reducción de tiempos de preparación de máquinas; se reducen los tiempos porque son productos con las mismas preparaciones.
- Reducción de costos de manipulación de materiales

Factores que afectan a la distribución de planta

Dentro del estudio de la distribución de planta existen diversos factores que influyen directamente en la distribución de planta propiamente dicho, estos factores son ocho las cuales causan efecto sobre la distribución de planta (Muther, 1981, p.43-44).

1. Factor material
2. Factor maquinaria
3. Factor hombre
4. Factor movimiento
5. Factor espera
6. Factor servicio
7. Factor edificio
8. Factor cambio

1. Factor material

El factor más importante que tiene una relación de influencia sobre la determinación de la distribución de planta es el factor material, ya que de ella dependerá el tipo de distribución que se empleará debido al tipo de producto que deseamos y las características del tipo de material que utilicemos Muther (1981, p.45).

- Materias primas
- Material entrante
- Material en Proceso
- Productos acabados
- Material saliente o embalado
- Materiales accesorios empleados en el proceso.
- Piezas rechazadas, a recuperar o repetir.
- Material de recuperación
- Chatarras, viruta, desperdicios, desechos.
- Materiales de embalaje
- Materiales para mantenimiento.

2. Factor maquinaria

El factor maquinaria por el orden de importancia en la distribución de planta, es el segundo más importante, ya que la información sobre las maquinarias que van a intervenir el proceso es determinante para la distribución y su ubicación en la distribución de planta. (Muther, 1981, p.57).

Díaz, Jarufe y Noriega, (2007, p.161), según los autores el factor maquinaria es un factor determinante sobre la distribución de plantas, el cual es fundamental para el buen orden en la cadena de producción de los procesos. Asimismo, encontramos algunos elementos que influyen en el factor maquina:

- Máquinas de producción
- Equipos de proceso
- Dispositivos especiales
- Herramientas, plantillas, moldes, etc.

- Maquinaria para mantenimiento

3. Factor hombre

El factor hombre es uno de los factores de importancia ya que de ello depende el proceso de producción sea de manera efectiva debido a que el factor hombre no se encuentra ubicado en una posición fija dentro de los procesos de producción y se puede encajar en cualquier proceso (Muther, 1981, p.75).

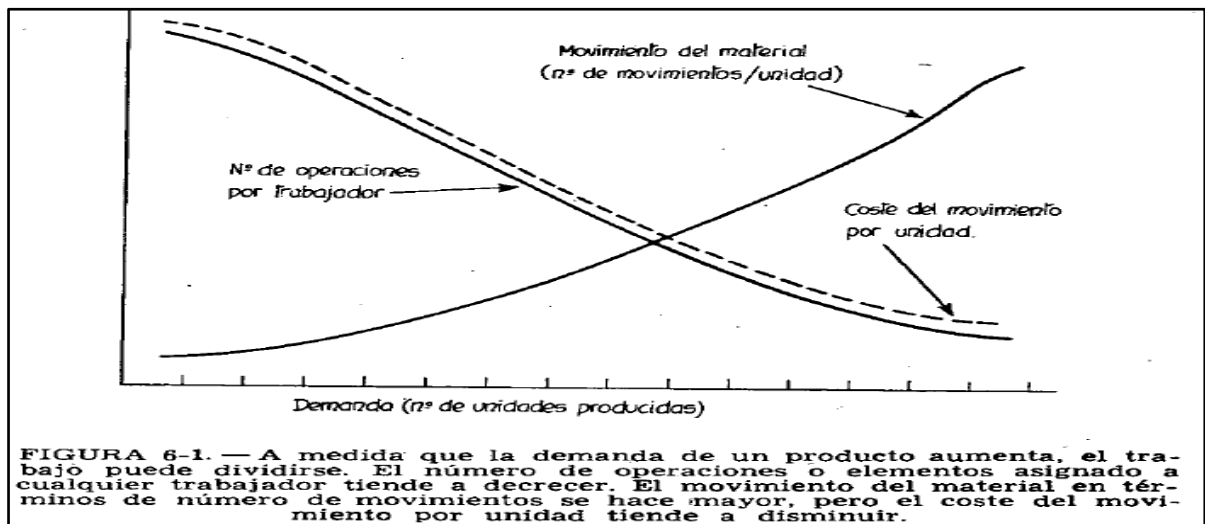
Los elementos que intervienen y abarcan en el factor hombre son:

- Mano de obra directa
- Jefes de equipos, sección y de servicios.
- Personal indirecto o de actividades auxiliares.
- Personal eventual

4. Factor movimiento

Según Muther (1981, p.91), el factor del movimiento es de vital importancia en el diseño y/o distribución de planta debido a que influyen directamente en el proceso de producción y son responsables de elevados costos de producción debido al manejo de materiales y son responsables del 90% de los accidentes en las empresas. Asimismo, constituyen el 80% de los costos indirectos de fabricación.

Figura 32: Curva de la demanda por unidades producidas



Fuente: Muther (1981)

5. Factor espera

Dentro de la distribución de planta el factor espera es importante debido a que permite justificar los ahorros de material, esto así cueste dinero por baja producción debido a la producción ya que esto permite la adquisición de los materiales cuando bajan de precio que a la larga resultan beneficiosos para la empresa y con lo cual permite proteger nuestra producción. (Muther, 1981, p.113).

6. Factor servicio

El factor servicio dentro del marco de la distribución de planta son los factores y/o actividades que contribuyen en el proceso de producción continua manteniendo a los trabajadores en constante actividad, así como también a los materiales y maquinarias. Dichos factores o actividades están comprendidos en dos grupos (Muther, 1981, p.127).

“Los servicios de una planta están conformados por elementos físicos y personal organizado, destinados a satisfacer las necesidades de los factores de la producción”. (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007, p.235).

Servicios relativos al personal:

- Vías de acceso.
- Instalaciones para uso del personal
- Protección contra incendios.
- Iluminación.
- Calefacción y ventilación.
- Oficinas

Servicios relativos al material:

- Control de calidad.
- Control de producción
- Control de rechazos, mermas y desperdicios.

Servicios relativos a la maquinaria:

- Mantenimiento.
- Distribución de líneas de servicios auxiliares

7. Factor edificio

Según Muther (1981, p.147), el factor edificio dentro de la distribución de planta es importante si se quiere construir una nueva planta. Asimismo, se tiene que tener en consideración los requerimientos para la seguridad dentro del área de producción.

Muther menciona algunos elementos que intervienen en el factor edificio en el problema de distribución de plantas es:

- Edificio especial o de uso general.
- Edificio de un solo piso o de varios pisos.
- Su forma.
- Sótanos o altillo.
- Ventanas
- Suelos|
- Cubiertas y techos
- Paredes y columnas
- Ascensores, montacargas, escaleras, etc.

8. Factor cambio

Muther (1981, p.147), el factor cambio afecta a la distribución de planta en diferentes grados de magnitud ya sea mayor o menor el cambio producido. El factor cambio es una parte del proceso de la mejora en términos producción, su frecuencia puede darse en forma progresiva haciéndose cada día más rápido.

Dentro de las condiciones del factor cambio incluyen:

- Cambio de los materiales (diseño del producto, materiales demanda, variedad).
- Cambios en las maquinarias (procesos y métodos).
- Cambios en el personal (horas de trabajo, organización, supervisión, habilidades).
- Cambios en actividades auxiliares (manejo almacenamiento, servicios, edificios).
- Cambios externos y limitaciones debidas a las instalaciones.

9. Factor medio ambiente

Para Díaz, Jarufe y Noriega (2007), el factor medio ambiente es un factor importante en la distribución de planta porque en ella se tocan puntos medio ambientales sobre el tratamiento de residuos de producción y el impacto ambiental, el cual tiene como objetivo cubrir las necesidades del cliente sin causar degeneraciones futuras. (p. 258-259).

- Impacto ambiental
- Gestión ambiental
- Producción más limpia
- Costos ambientales

Método Guerchet

Según (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007, p.287), el método de guerchet calcula los espacios requeridos para la producción de una planta, no obstante es necesario determinar primero el número de maquinarias que se empleará en el proceso productivo y el número de trabajadores que tendrá el nuevo proceso.

Para cada elemento a distribuir la superficie o el área total requerida y necesaria para la planta se determinan y/o calculan con la suma de tres superficies parciales:

$$ST = n (Ss + Sg + Se)$$

Dónde:

ST = superficie total

Ss = superficie estática

Sg = superficie de gravitación

Se = superficie de evolución

n = número de elementos móviles o estáticos de un tipo

- **Superficie estática (Ss):**

Es el área de terreno que ocupa físicamente los muebles, maquinaria y equipos. Esta área debe ser calculada dependiendo la posición de uso de la máquina o equipo en el cual debemos incluir sus palancas, tableros, pedales y todos los objetos que son necesario para su uso.

$$Ss = \text{largo} \times \text{ancho}$$

➤ **Superficie de gravitación (Sg):**

Es la superficie utilizada por los trabajadores y por el material que se está procesando en el puesto de trabajo. Se obtiene esta superficie, multiplicando la superficie estática (Ss) por el número de lados (N) por donde el mueble o máquina se puede utilizar.

$$Sg = Ss \times N$$

- **Superficie de evolución (Se):** es el espacio que se reserva entre los puestos de trabajo para el desplazamiento del personal, del equipo y de los medios de transporte. Se calcula sumando la superficie estática (Ss) más la superficie gravitacional por un coeficiente k.

Este coeficiente varía en función de la proporción entre la altura medio de los elementos móviles y el doble de la altura medio de los elementos estáticos.

$$k = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}} \quad \text{Donde:} \quad h_{EM} = \frac{\sum(Ss \times n \times h)}{\sum(Ss \times n)}$$

$$h_{EE} = \frac{\sum(Ss \times n \times h)}{\sum(Ss \times n)}$$

k: coeficiente de evolución.

Ss: superficie estática del elemento móvil o estático.

hEE: altura medio de elementos estáticos.

hEM: altura medio de elementos móviles.

n: número de elementos móviles o estáticos.

Por lo tanto, la superficie de evolución vendrá determinada por:

$$Se = (Ss + Sg) k$$

En la Tabla 5 se muestra una tabla con una serie de valores para el coeficiente k:

Tabla 5: Coeficientes para la superficie de evolución

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	K
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,005 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, Hilados	0,005 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

Fuente: Cuatrecasas (2009)

De la tabla 5 podemos observar los coeficientes de K para las diferentes industriales para los cálculos de superficie.

1.3.2. Productividad

Para Gutiérrez (2014), la “productividad se concentra y obedece a una secuencia de acciones dentro de un proceso de producción, estas secuencias y/o acciones dan como resultado a la productividad que a su vez es medible en el tiempo a través de los resultados obtenidos por la empresa y todos los recursos que se emplearon durante los procesos de producción. Asimismo, los resultados obtenidos por la empresa se miden por la capacidad de producción (unidades producidas) que vendría a ser el número de unidades que se vendieron como también las utilidades producidas, a diferencia del factor recurso que se utilizó para la obtención de los productos, este recurso puede aumentar o disminuir según la cantidad de empleados que tenga la empresa, así como el tiempo empleado para la producción el número de horas maquinas consumidas y otros recursos que se utilizaron en el proceso de producción” (p.20).

Para Prokopenko (1989), la “Productividad” es la simplificación de lo que vendría hacer la relación directa y existente entre los resultados obtenidos y el tiempo que toma en producirlos. [...] esto quiere decir que en cuanto menor tiempo tome (en poder producir los productos) obtener los resultados esperados, el sistema de producción utilizado es muy productivo” (p.3).

Para Bravo (2014), la “roductividad es la integración entre la eficacia y la eficiencia, en donde la eficacia es cubrir las necesidades del cliente logrando su satisfacción por el producto o servicio obtenido y en consecuencia la eficiencia comprende o vendría hacer el buen uso de los recursos utilizados (producir más con menos) cada vez mejor” (p.25).

Heizer y Render (2007), “Heizer y Render sostienen y argumenta que la productividad está dada por el uso de la razón circunstancial o dependencia entre las entradas y salidas de bienes y servicios. Asimismo, de una a más entradas o insumos como el capital y la mano de obra” (p.14).

Importancia de la productividad

La productividad es la necesidad del incremento secuencial o exponencial de sus utilidades, en el cual se basa en el simple hecho de producir más utilizando menos recursos para lograr generar la mayor cantidad de utilidades. Dado que de esta depende de la cantidad de productos vendidos en el cual se basan sus utilidades o ganancia obtenidas por los productos vendidos en cierto periodo de tiempo. Asimismo, de esto dependerá su éxito o su fracaso en el mercado. Al hablar de cómo mejorar la productividad se simplifica en el simple hecho del aumento de la producción y las horas que se invierten en ellas.

“Hoy en día existen herramientas que posibilitan el aumento de la productividad; estas herramientas utilizan la medición del trabajo apoyándose en los métodos de estudios de los tiempos estándares de producción y un plan de elaboración del diseño del trabajo.” (Niebel y Freivalds, 2008, p.1).

También la productividad se puede ver muy afectado debido a diversos factores externos como el déficit de materia prima, la mano de obra calificada, la economía del país, las políticas de gobierno, los impuestos, etc. Y en relación a los factores internos tienen relación a la deficiencia de las actividades de producción, mantenimiento, etc. (OIT, 1996, p.5).

El autor Gutiérrez (2014, p.20), Gutiérrez nos habla sobre la importancia del perfeccionamiento de los métodos utilizados para el aumento de la productividad en donde menciona lo importante que es el mejoramiento continuo de los procesos utilizados con los cuales se logran alcanzar los propósitos establecidos por las organizaciones. Dichos propósitos o resultados se medirán con las unidades producidas o las cantidades unitarias vendidas y a su vez los recursos utilizados para la producción serán medidos entre todo el personal utilizado y el tiempo empleado para producir dichos productos, etc.

Para Prokopenko (1989, p.3), la productividad es el indicador de medición y comparación de que utilizan los gerentes de las distintas organizaciones industriales, políticos y economistas para la evaluación y comparación de los recursos consumidos.

Tipos y medición de la productividad

Según Heizer y Render (2004, p.14), mencionan que en relación a la medición de la productividad esta vendría a estar dado por el aumento de la producción y con ello la buena utilización de los recursos existentes, esto quiere decir, si el rendimiento de todo el personal de la organización en especial de la mano de obra directa aumenta, entonces esto tendría un efecto directo sobre el aumento de la productividad.

La fórmula general para medir la productividad es:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad de productos o servicios realizados}}{\text{Cantidad de recursos utilizados}}$$

Según Prokopenko (1989, p.26), Afirma que “la productividad en el nivel de la macroeconomía o economía grande, vendría a estar dada por la consistencia de la medición de los niveles absolutos de productividad y la relación histórica de sus tendencias en el tiempo a través de una de secuencia de una serie de índices”. Asimismo, encontramos cuatro tipos de productividad las cuales mencionaremos a continuación: productividad total, parcial, factorial y multifactorial.

(Prokopenko, 1989, p.26), Mide la productividad mediante el uso y/o utilización de dos tipos de relación las cuales son la productividad total y la productividad parcial.

Productividad total

La productividad total vendría hacer el cociente de la relación directa que existe de dividir la producción total entre el total de recursos o insumos consumidos y obedece a la siguiente formula:

$$\text{Productividad total} = \frac{\text{Producto total}}{\text{Insumo total}}, \quad P_t = \frac{O_t}{T + C + M + Q},$$

P_t = productividad total

O_t = output (producto) total

T = factor trabajo

C = factor capital

M = factor materias primas y piezas compradas

Q = insumo de otros bienes y servicios varios.

Productividad parcial

La productividad parcial vendría a ser el cociente de la relación directa que existe al dividir la producción total entre el total de un solo tipo de recurso o insumo utilizados o consumido y obedece a la siguiente formula:

$$\textit{Producto parcial} = \frac{\textit{Producto total}}{\textit{Insumo parcial}}$$

Heizer y Render (2004, p.14-15), miden la productividad según la cantidad de factores las cuales se dividen en dos tipos, productividad factorial y multifactorial.

Productividad de un solo factor o factorial

La productividad de un solo factor o factorial como su propio nombre lo indica mide o indica la relación que existe entre un solo recurso (llámese así capital, materia prima o mano de obra) y la producción de un producto o servicios prestados y/o producidos.

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Unidades producidas}}{\textit{Horas – trabajo empleadas}} = \frac{1000}{250}$$

$$\textit{Productividad} = 4 \textit{ Unidades por hora – trabajo}$$

Productividad de múltiples factores o multifactorial

La productividad de múltiples factores o productividad factorial como su propio nombre lo indica mide o indica la relación que existe entre todos los recursos utilizados para la producción de un producto o servicios prestados y/o producidos.

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Salidas}}{\textit{Mano de Obra + Material + Capital + Otros}}$$

Dimensiones de la productividad

Eficiencia

Se define a la eficiencia como el uso correcto de los recursos (de una organización) pudiendo maximizarlos para los propósitos de los cumplimientos de los objetivos de las empresas. Se dice que eficiencia es usar bien los recursos para producir más en el menor tiempo posible. Para Prokopenko la “eficiencia se simplifica en el aumento de la productividad de alta calidad en el menor tiempo establecido por las organizaciones” (Prokopenko, 1989, p.3). Para Cegarra (2012, p.243), “la eficiencia es la relación que estaría dado por la relación directa entre el buen uso de los recursos de las empresas y los resultados obtenidos del buen uso de los recursos en cierto periodo de tiempo establecido”

Para Bravo (2014, p.25) , “se define a la eficiencia como el sentido de la producción asiendo más con menos recursos, en lo que se refiere al sentido común de producir constantemente más haciendo cada vez mejor las cosas”. Para bravo la eficiencia es el cociente que vendría a estar dado por el resultado de dividir las salidas (producción) y los recursos que se utilizaron para dicha producción (materia prima, insumos, horas-hombre etc.)

$$\frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} = \frac{\text{Insumo} + \text{beneficio}}{\text{Insumo}} \text{ ó } \frac{O}{I} = \frac{I + B}{I} = 1 + \frac{B}{I}$$

$$\text{Donde } \frac{B}{I} = \text{ratio de la productividad del beneficio}$$

Eficacia

Se define a la eficacia como la consecución de resultados. Esto estaría dado por el trazo y/o propósito de las metas y el cumplimiento de todos los objetivos trazados en cierto periodo de tiempo (se dice que eres eficaz cuando cumples todos los objetivos trazos por las empresas).

La eficacia es un objetivo bien definido explicito lo que se busca generar, incluyendo la calidad de lo que se propone. Asimismo, un objetivo debe delimitar el tiempo en que se espera generar un determinado efecto o producto (Monaka, 2000, p.2)

Bravo (2014, p.25), define que la eficacia es el resultado de la capacidad de poder cumplir con los objetivos trazados y poder llegar a satisfacer las necesidades de los clientes, así como también como el aumento de valor que se le puede agregar a nuestro producto y/o servicios.

Prokopenko (1989, p.5), para prokopenko la eficacia estaría dado y establecido por la utilización de formas y/o maneras (medidas) con la cual podamos alcanzar los propósitos (metas) establecidos.

$$\frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} = \frac{\text{Eficacia (loque se podría lograr)}}{\text{Recursos consumidos}}$$

García (2011, p.17), para García la eficacia se simplifica en la obtención de resultados esperados en cierto periodo de tiempo.

Cruelles (2012, p.11), define a la eficacia como grado o índice con los cuales se pueden medir los objetivos trazados en el tiempo establecido.

Factores que afectan la productividad

Tiempos muertos

Los tiempos muertos estarían establecidos por aquellos tiempos que el personal de producción deja o paraliza sus labores por diferentes motivos: la falta de materia prima, mantenimiento preventivo o por problemas técnicos de funcionamiento de las máquinas y por diferentes motivos. Asimismo, el personal sigue disponible para seguir cumpliendo con los objetivos de producción, pero no lo hace por los problemas suscitados en la empresa ya antes mencionados. No obstante, cabe resaltar que es imposible evitar al 100% estos tiempos muertos debido a que son inherentes al trabajo (es decir que está unido de una manera indivisible) e imposibles poder evitar. Por lo que son las rupturas o interrupciones de las actividades laborales durante periodos cortos debido a las causas de logística como la falta de material o al de mantenimiento por problemas técnicos de las maquinas. (Kanawaty, 1996, p.350).

Asimismo, también se define a los tiempos muertos como a aquellos tiempos en donde la máquina se encuentra paralizada por problemas de avería y no se puede utilizar para fines

de producción, debido a que se encuentra en proceso de mantenimiento o adaptación. (OIT, 1996, P350).

Tiempo improductivo

Para Kanawaty (1996, p.12), el tiempo improductivo se debe a métodos que son utilizados durante el proceso de producción. Dichos métodos de trabajo ocasionan movimientos que son innecesarios en el proceso productivo y por el cual causan pérdidas y generan el aumento de costos debido a la pérdida de tiempo y material. Asimismo, también el tiempo improductivo puede estar siendo generado por la mala práctica de operación de las máquinas durante el proceso o como también al desperfecto de las máquinas. Dichos métodos utilizados genera paradas de planta y retrasos en la producción lo que producen o generan pérdidas de utilidades para las empresas.

Errores Humanos

Los errores humanos son una de las causas principales que afectan la productividad, esto se debe a la falta de capacitación para la línea de operación de producción; esto quiere decir, que el mal proceso de trabajo por parte del personal de planta debido a la falta de capacitación genera o pueden generar desperdicios de la materia prima y accidentes ocupacionales como accidentes físicos o enfermedades ocupacionales el cual merma o disminuye el proceso de producción de la empresa bajando su productividad. (Kanawaty, 1996, p.13).

Condiciones y medio ambiente de trabajo

Para Kanawaty (1996, p.35), tiene que ver con la combinación cualitativa de los factores como la fatiga en los trabajadores a causa de exposición periódicas a exceso de trabajo, así como también a causa de las condiciones laborales. Esto a su vez ocasiona la insatisfacción y molestias del personal de producción de planta, ya que de ellos dependerá el éxito de la producción y la calidad del producto.

Factores para mejoramiento de la productividad

Se afirma que el recurso más valioso de una empresa es el capital humano y es a través de ello donde se desarrollan habilidades para que los procesos sean más eficientes y con lo cual puedan aumentar la productividad. No obstante, se afirma que es uno de los rubros en el que menos invierten las empresas. Los factores que ayudan o influyen a mejorar o incrementar la productividad no solo consiste en hacer cada vez mejor las cosas dentro de la línea de producción, sino que consiste en ver más allá del simple hecho de hacer las cosas bien, es hacer las cosas cada vez mejor y hacerlo correctamente. Los factores que definen el mejoramiento de la productividad se clasifican de dos formas o categorías las cuales son: factores externos y los factores internos. (Prokopenko, 1989, p.9).

Asimismo, Prokopenko (1989, p.9), nos habla que los factores externos que ayudan a mejorar la productividad son aquellos factores sobre el cual la empresa no tiene el control, es decir, los que se encuentran fuera de la planta como:

- La comprensión sobre las necesidades del cliente, que es lo que quiere el cliente y ser empático con el cliente.
- Tener la capacidad de encontrar oportunidades en el mercado.

Así mismo menciona que los factores internos son aquellos factores que se encuentran dentro de la planta los cuales son más fáciles de detectar. Esto a su vez quiere decir que para poder mejorar la productividad primero debemos identificar los factores tanto internos como externos y poder clasificarlos y así de esta manera tomar medidas correctivas sobre ella que de tal manera puedan ayudar a mejorar la productividad.

1.4. Formulación del problema

Problema General

¿De qué manera la reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, ventanilla, 2018?

Problemas Específicos

¿De qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, ventanilla, 2018?

¿De qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficacia en obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, ventanilla, 2018?

1.5. Justificación del estudio.

Justificación teórica

Bernal (2006), define a la justificación teórica como el propósito de reflexionar sobre los conocimientos existentes de otros autores y poder contrastar hipótesis y resultados comparados. (p.92).

El presente proyecto de investigación es viable, ya que se justifica con un alcance teórico y práctico al fundamentarse en estudios, aplicaciones y métodos de reingeniería de procesos existentes ya aplicados anteriormente a otras empresas de distintos sectores industriales para una reestructuración de los procesos de producción y alcanzar su máximo nivel en términos de costo, calidad, servicio y rapidez. Con lo cual el presente proyecto de investigación tiene como finalidad la comprobación de las teorías y confirmar los resultados para los propósitos de beneficio de la empresa.

Justificación económica

La implementación de la reingeniería de procesos ayuda a re-direccionar el enfoque de trabajo y/o producción de las empresas, mejorando sus procesos industriales haciéndolas más competitivas en la industria y de esta manera ayudarlas a maximizar sus ganancias mejorando su forma de trabajar, haciendo uso del cambio en los procesos de producción y maximizar sus ganancias.

Justificación social

Con la implementación de la reingeniería de procesos se podrá conseguir que las líneas de producción sean más eficientes y más dinámicas en el trabajo para el beneficio de los colaboradores en las áreas de producción, ya que se podrá reestructurar las áreas de trabajo y la forma de producción, eliminando tiempos muertos y trabajos monótonos que puedan causar algún accidente que sean factores del rendimiento de la productividad. De esta manera se conseguirá el buen uso de los recursos y el buen desempeño laboral de sus trabajadores.

Justificación técnica

El desarrollo del presente proyecto de investigación se justifica técnicamente mediante la aplicación correcta de la reingeniería de procesos con el cual se plantea maximizar la producción. No obstante, para ello se tomarán medidas para su implementación como el estudio y/o situación actual de la empresa para su posterior análisis para determinar las causas y/o razones de la baja productividad para darle una solución en términos de cambio de sus procesos de producción. Esta herramienta de la ingeniería se viene aplicando en las grandes industrias y se ha comprobado que ayudan a obtener grandes ganancias y mantenerse en constante cambio.

1.6. Hipótesis

Sampieri (2010), define a las hipótesis como proposiciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables. (p.18).

Fernández (2014), define que las hipótesis se deben formular a manera de proposiciones y además son respuestas provisionales a las preguntas de investigación de todo lo que queremos tratar de demostrar y se definen como respuestas y/o explicaciones propuestas del fenómeno investigado. (p.90).

Hipótesis general

La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Hipótesis Específicas

- La reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

- La reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

1.7. Objetivos de investigación

Carrasco (2005), menciona que el objetivo de la investigación son propósitos esenciales que guían al investigador para resolver el problema planteado, representando un punto de partida y un punto de llegada (p. 159).

Objetivo General

Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Objetivo Específicos

- Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.
- Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

A continuación, se mostrará la matriz de coherencia: ver tabla 6

Tabla 6: Matriz de coherencia

Matriz coherencia		
Problema	Objetivo	Hipótesis
Generales		
¿De qué manera La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la productividad obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.
Específicos		
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿De qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.
¿De qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Fuente: Elaboración propia

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de Investigación

2.1.2. Tipos de Investigación

Por su finalidad

Valderrama (2003), menciona que la investigación de tipo aplicada busca conocer para hacer, actuar, construir y/o modificar. Le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad concreta debido a que busca resolver problemas de la realidad; debido a que se encuentra sujeta a la dependencia de los descubrimientos y teorías que aporten en la solución de las causas que afectan y reducen el desarrollo de la producción en las industrias (p. 39).

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada dado que se utilizaron referencias de otros autores cuyas teorías dan solución a las causas que merman la baja productividad y afectan sus procesos de producción de la empresa REVASAC.

Por su nivel o profundidad

Bernal (2010), menciona que en la investigación descriptiva se van a identificar, mostrar rasgos y/o características de las situaciones de un objeto que se pretende analizar y/o estudiar (p.113).

El desarrollo de la presente investigación tiene un nivel de profundidad descriptivo dado que en el transcurso de su desarrollo se pretende identificar las circunstancias y razones de la baja productividad en la obtención del sulfato de cobre y la aplicación de la relación que guarda con la reingeniería de procesos.

No obstante, también cuenta con un enfoque que tiene una orientación de tipo explicativo dado que busca las razones y/o circunstancias que afectan los procesos utilizando la relación causa-efecto.

Coincidiendo con el autor (Bernal, 2010, p.115), que nos habla que la investigación en el presente proyecto de investigación tiene un nivel de investigación explicativo, debido a que se enfoca en responder los motivos, causas y/o consecuencias de los eventos estudiados. Dicho nivel permitirá aplicar un estímulo, el cual es la reingeniería de procesos y el efecto que causa sobre la productividad, es decir, se podrá conocer la relación causa-efecto.

Por su enfoque

Según Hernández (2014), el enfoque cuantitativo se encarga de demostrar las hipótesis a partir de la recopilación de datos, apoyándose en análisis, medición numérica y el análisis estadístico con el fin de demostrar y/o establecer bases de comportamientos para contrastar con las teorías (p.4).

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo porque se fundamenta en la recolección de información y/o datos para dar una respuesta a la formulación del problema de investigación. No obstante, se emplean métodos y técnicas estadísticas para confrontar la veracidad y o falsedad de la hipótesis.

2.1.3. Diseño de Investigación

2.1.3.1. Diseño experimental

Según Hernández (2014), en los diseños de investigación diseño experimental las variables son manipuladas, en donde se procede a la manipulación de al menos una variable independiente con la finalidad de ver los efectos que puedan causar sobre las variables dependientes. En este tipo de diseño cuasi experimental los sujetos ya están conformados antes del experimento y no son asignados al azar (p. 151).

El presente proyecto de investigación es de tipo experimental, ya que establece la correspondencia o correlación de la causa – efecto, es decir, que la variable independiente (reingeniería de procesos) se va a manipular intencionalmente con el propósito de estudiar y compara los efectos que produce en la mejora de la variable dependiente (productividad).

2.1.3.2. Por su temporalidad

Bernal (2010), el cual establece que una investigación es longitudinal si se obtienen datos de la misma población en distintos periodos y/o momentos durante un período determinado de tiempo, con el propósito y/o finalidad de examinar sus variaciones en el tiempo que se estableció. (p.119).

El presente proyecto de investigación es de tipo longitudinal, ya que se procederá a medir dos veces, esto quiere decir, que se realizará un tipo de diseño de pre y post prueba con una única medición; esto quiere decir, que a un mismo grupo se le aplicará una prueba previa estímulo. Y la otra prueba se realizará luego del post estímulo para su análisis y visualización de los resultados en el tiempo.

2.2. Operacionalización de la Variable

2.2.1. Reingeniería de Procesos (V.I)

Definición

La reingeniería de procesos es una herramienta la cual se usa para una reestructuración radical de los procesos de una empresa, la cual se encuentra en una situación muy complicada. Con lo cual se aplicará la reingeniería de procesos para reestructurar los procedimientos de manufactura en términos de “costos, calidad, servicio y rapidez”. (Michael, Hammer y James, Champy, 1994, p. 34).

GARY, Dessler (2001, p.309), menciona que “Michael Hammer y James Champy”

Definen a la reingeniería como el comienzo del cambio radical de los procesos desechando los procesos antiguos desde la raíz y cambiando el enfoque de negocio, con el fin de alcanzar mejoras sustanciales y exponenciales en los costos de producción, servicio, rapidez y calidad.

No obstante, en nuestro proyecto de investigación se aplicará la reingeniería de procesos mejorando los procesos de producción de sulfato de cobre, para ello aplicaremos la mejora de procesos industriales y la distribución de planta.

Dimensiones

➤ Ingeniería de procesos

La ingeniería de procesos implica el desarrollo de los procesos de producción de una planta industrial las cuales van desde el desarrollo, evaluación y diseño del proceso químico industrial. No obstante, los procesos industriales del desarrollo de una planta se definen en cuatro tipos de diagramas las cuales son: diagramas de entradas y salidas, diagrama de flujo de bloque, diagrama de flujo de procesos y diagramas de procesos e instrumentación; siendo el más importante de todos los cuatro diagramas el diagrama de flujo de proceso (PFD), ya que de este dependerá la evaluación técnica del balance de materia y su continuidad del desarrollo de la ingeniería. Asimismo, su integración al diseño de planta (González 2013, p. 15).

Balance de materia

González (2013), establece que el balance de materia es la base de diseño de todo proceso, ya que aquí es dónde se determina las cantidades de materiales que se utilizaran y la cantidad de productos obtenidos, así como las corrientes de entradas y salidas de los diferentes (p. 134).

El balance de materia se fundamenta en la ley universal de la conservación de la materia. Con lo cual establece que la materia que entra a un sistema de proceso es igual a la materia que sale del sistema de proceso y solo se producirán cambios en la materia, es decir, sufría una transformación.

El balance de materia se encuentra establecido por la ecuación general de régimen no estacionario

$$A=E-S +G-C$$

A: Acumulación dentro del sistema

E: Entradas por los límites del sistema

S: Salidas por los límites del sistema

G: Generación dentro del sistema

C: Consumo dentro del sistema

La ecuación general del balance de materia nos permite calcular la materia prima necesaria que se necesita para poder producir ciertas cantidades de productos que se han estimado y/o establecido, ya que no toda la materia prima que entra se podrá transformar en productos terminados.

El indicador que lo medirá:

$$\text{Balance de materia} = \frac{\text{Cantidad obtenida actual}}{\text{cantidad obtenida después}} \times 100\%$$

Distribución de planta

Díaz, Jarufe y Noriega (2007, p.110), según los autores una buena distribución y/o disposiciones de plantas otorgan ventajas para la empresa en reducción de costos de producción y aumento significativo de la productividad para los objetivos de la empresa.

Muther, Richard (1981, p.1), “La distribución de planta es el reordenamiento físico de todos los elementos industriales que se encuentran ya establecidas o en un proceso de desarrollo. Asimismo, esto incluye los espacios para el traslado de material, almacenamiento, mano de obra indirecta y otros servicios”. **Método Guerchet**

Según (Díaz, Jarufe y Noriega, 2007, p.287), el método de Guerchet calcula el área superficial que se requiere para la disposición y/o ubicación de los distintos elementos que interviene en el proceso.

Según (Suñé, Gil y Arcusa, 2004, p.164-165), para todos los elementos que intervienen en los procesos se tiene que calcular una determinada superficie de trabajo. La suma de estas superficies nos da la superficie total. La superficie total es la suma de tres tipos de superficies parciales (superficie estática, gravitación y evolutiva).

El método de guerchet, es el método o procedimiento de calculo que se usa y aplica para la determinación del área de trabajo de las máquinas y/o hombres. Esta área se determina con el propósito de establecer dimensiones y/o tamaños para el diseño y distribución de los equipos que se emplearan para la producción de algún producto en general.

$$ST = SS + Sg + Se$$

La fórmula del cálculo de la superficie total sirve para determinar el área requería para una máquina y/o persona; con el propósito de poder calcular el área de una planta que se necesita para la producción de algún producto.

(SS): Superficie estática = largo x ancho

Es superficie o área que corresponde a todos los elementos de producción directos e indirectos como: muebles, máquinas y las instalaciones.

(Sg): Superficie de gravitación = Ss x n

Se define a la superficie de gravitación como la superficie exterior o alrededor de cada puesto de trabajo y de las materias primas que se está siendo transformado y/o procesado.

(Se): Superficie de evolución = (Ss+Sg) k

La superficie de evolución hace referencia a la superficie de los alrededores o exteriores de cada puesto de trabajo esta superficie llamada superficie de evolución se encuentra establecida para el desplazamiento del personal, materia prima, etc.

(K): coeficiente k:

Son valores numéricos establecidos para el cálculo de la superficie de evolución que van desde 0.5 \geq 3

Figura 33: Coeficientes de k para la superficie de evolución

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	K
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,005 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, Hilados	0,005 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

Fuente: Suñé, Gil y Arcusa (2004).

El indicador que lo medirá:

$$\text{Metodo de Guerchet} = \frac{\text{Área utilizada actual}}{\text{Área utilizada después}} \times 100\%$$

2.1.4. Productividad (V.D)

Definición

La productividad es la forma de cómo se utilizan los recursos de la empresa para poder lograr producir más, de esta manera se define a la productividad, como el uso y/o manera adecuada de la utilización de los recursos optimizándolos para aumentar la producción (García, 2012, p.9).

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Insumos}} \times 100\%$$

Dimensiones

Eficiencia

La eficiencia es la relación que existe entre los recursos empleados y los insumos que se utilizaran en la producción durante un periodo de tiempo (García, 2011, p.17).

Conjuntos de esfuerzos que se requieren con la finalidad de cumplir todos los objetivos planteados por la empresa en un determinado periodo de tiempo; se define como el uso adecuados de los recursos y/o factores tanto materiales como humanos, siendo la relación de la división del tiempo de recursos utilizados sobre el tiempo establecido para dichos procesos (Fleitman, 2007, p.98-99).

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Tiempo de producción actual}}{\textit{Tiempo de producción propuesto}} \times 100\%$$

Eficacia

Se determina a la eficacia con la relación que existe entre la división de los productos logrados durante el proceso de producción y las metas establecidas por la empresa. (García, 2011, p. 17).

Es el resultado de la medición de los resultados obtenidos sobre los productos producidos en determinado periodo de tiempo y la producción planificada; la eficacia vendría hacer el cumplimiento de las metas establecidas por la organización. (Fleitman, 2007, p.98-99).

$$\textit{Eficacia} = \frac{\textit{Producción lograda}}{\textit{Producción Planificada}} \times 100\%$$

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	indicadores		escala
Variable Independiente						
REINGENIERÍA DE PROCESOS	Es el rediseño radical de todos los procesos con el fin de poder lograr alcanzar mejoras espectaculares en términos de “costos, calidad, servicio y rapidez”. (Michael, Hammer y James, Champy, 1994, p. 34)	La ingeniería de procesos es la base del desarrollo para la implementación de un sistema de producción en una planta.	Ingeniería de procesos	Balance de materia	$= \frac{cantidad\ obtenida\ actual}{cantidad\ obtenida\ después} \times 100\%$	Razón
		La distribución de planta permite desarrollar una disposición adecuada de los equipos de producción dentro de una planta.	Distribución de planta	Método de Guerchet	$= \frac{Área\ utilizada\ actual}{Área\ utilizada\ después} \times 100\%$	Razón
Variable Dependiente						
PRODUCTIVIDAD	Se define a la productividad como la medida de la utilización de los recursos de la empresa para lograr los resultados esperados. (Lugo, Juan, 2015 p.80)	La productividad es el indicador que resulta de la medición de la eficiencia y eficacia y permite medir cuan productivo es el proceso de una planta	Eficiencia	$= \frac{Tiempo\ de\ producción\ actual}{Tiempo\ de\ producción\ propuesto} \times 100\%$		Razón
			Eficacia	$= \frac{Producción\ Lograda}{Producción\ planificada} \times 100\%$		Razón

Tabla 7: Matriz de operacionalización de variables

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población, Muestra y Muestreo

2.3.1. Población

La población está conformada por el conjunto de objetos inanimados “cosas” o conjunto de objetos animados “personas” las cuales tienen una o más ciertas características en común que son observables y de las cuales son materia de estudio (Bernal, 2006, p.164).

En el presente desarrollo de tesis de investigación se tendrá como la población a la producción de sulfato de cobre que se estará produciendo mensualmente durante un periodo de cuatro meses.

2.3.2. Muestra

La muestra es un sub conjunto y/o parte significativa de la población las cuales tienen las mismas características. Asimismo, de la muestra se obtendrá la información correspondiente para el desarrollo de la investigación. Además, es en ella donde se procederá hacer la medición correspondiente y el análisis del comportamiento de las variables del objeto en estudio (Bernal, 2006, p.165).

Para nuestro caso de estudio de investigación la muestra estaría conformada por toda la población, la cual está representada por la producción de sulfato de cobre que se generara y/o producida diariamente por un mes durante un periodo de 4 meses.

2.3.3. Muestreo

Para el presente proyecto de investigación no existe muestreo, esto se debe a que la población es la producción mensual es finita por lo tanto es posible llevar un control de toda la población, esto quiere decir que la muestra vendría a ser igual a la población. Por lo tanto, no existiría muestreo.

2.4. Criterios de Selección

Criterio de inclusión:

El proyecto de investigación solo incluye días laborables.

Criterio de exclusión:

El proyecto de investigación no incluye feriado ni días festivos.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos conocida también como trabajo de campo son formas y/o maneras de la recolección de información para el desarrollo de la investigación. No obstante, la información recolectada tiene que ser confiable. Debido a que con esta información se verificará la veracidad y/o falsedad de la hipótesis y las respuestas a las preguntas de investigación (Bernal, 2006, p.174).

Técnicas de observación y medición

Para la recolección de datos se usará la técnica de observación directa de los acontecimientos ocurridos durante el proceso de producción de elaboración de cristales de sulfato de cobre pentahidratado y también, se usarán fichas instrumentos de medición de distancias y tiempos para la medición directa.

2.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el presente desarrollo de investigación se utilizarán los siguientes instrumentos de recolección de datos:

Fichas de Observación

Las fichas de observación de datos son formatos de registro de información, es en estas fichas dónde se llenarán y/o recolectará la información de las actividades que intervienen en el proceso y/o elaboración de un producto.

Cronómetro

El cronometro es un instrumento de toma de tiempos. Este instrumento servirá para cronometrar el tiempo de todas las actividades que intervienen en el proceso de producción de sulfato de cobre del presente proyecto de investigación.

Flexómetro:

El flexómetro o también conocido como wincha o cinta métrica es un instrumento de medición en milímetros, metros, centímetros, pulgadas y pies; este instrumento sirve para la toma de medidas requeridas por el usuario. Asimismo, este instrumento servirá para la toma de medidas para el levantamiento de información para la elaboración de planos del presente proyecto de investigación.

2.5.3. Validación y Confiabilidad del instrumento

Validación y confiabilidad

Para la validación y confiabilidad de los instrumentos se utilizará la técnica de juicios de expertos los cuales evaluarán y aprobarán la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), explican que la validación y la confiabilidad del instrumento se valida y se consigue mediante el juicio y/o razonamiento de los expertos, puesto que los especialistas contrastarán las dimensiones medidas con los instrumentos durante cierto periodo de tiempo (p. 304).

De esta manera, la validación de los instrumentos para el presente proyecto de investigación fue otorgada por tres expertos en la especialidad.

Tabla 8: Juicio de expertos

Expertos		Criterios		
Apellidos y Nombres	Especialidad	Pertenencia	Relevancia	Claridad
Malpartida Gutierrez Jorge Nelson	Dr Ingeniero Industrial	si	si	si
Bravo Rojas Leonidas	Dr Ingeniero Industrial	si	si	si
Montoya Cárdenas Gustavo	Mg. Ingeniero Industrial	si	si	si

Fuente: Elaboración propia

2.5.4. Métodos de análisis de datos

Para el presente desarrollo de investigación utilizaremos como modelo de fuente de información la recolección de datos primaria, ya que la información obtenida es de forma presencial y directa del mismo lugar o sitio donde ocurren los hechos y/o acontecimientos, en cual se recopilará la información del estado actual de la empresa en el marco del desarrollo de los procesos productivos.

De acuerdo con ARIAS (2012), menciona que los métodos que se usan para el desarrollo de análisis de datos son métodos de sistemas, actividades y/o procedimientos que se utilizan para registrar, clasificar, tabular, comparar resultados y luego explicar el comportamiento de los datos obtenidos (p. 53).

Para el análisis de datos del presente desarrollo de investigación serán registrados y tabulados en la hoja de cálculo Microsoft Excel. Asimismo, el análisis descriptivo y análisis inferencial se realizará en Software Estadístico SPSS.

Análisis descriptivo

Con el análisis descriptivo se procederá a la determinación y comparación de las medidas de tendencia central las cuales son: la media, moda y mediana y las medidas de variabilidad; las cuales son: el rango, la desviación estándar y la varianza y la asimetría y curtosis.

Análisis inferencial

Para el desarrollo del análisis inferencial del presente desarrollo de investigación se usará las pruebas de normalidad y las pruebas de hipótesis.

Prueba de normalidad

Las pruebas de normalidad sirven para verificar si los datos corresponden a una distribución normal o no. Además, si el tamaño de la muestra es menor o igual 30 datos se va utilizar la prueba de significancia de shapiro wilk y si los datos son mayores a 30 se utilizará la prueba de significancia de Kolmogorov Smirnov. Asimismo, cabe resaltar que en ambos casos realizará el siguiente análisis:

- Si el estadístico de la prueba es mayor al nivel de significancia (0.05), entonces se afirma que los datos provienen de una distribución normal.

$$P(EP) \geq \alpha(0.05)$$

Los datos son normales

- Si el estadístico de prueba es menor del nivel de significancia (0.05), entonces se afirma que los datos no provienen de una distribución normal.

$$P(EP) < \alpha(0.05)$$

Los datos no son normales

Una vez delimitada la anterior regla de aceptación, se procederá a identificar el tipo de prueba a realizar; es decir, si se llevarán a cabo pruebas paramétricas o pruebas no paramétricas.

- Si los datos son normales, entonces se realiza la prueba paramétrica llamada t-student.
- Si los datos no son normales, entonces se realiza la prueba no paramétrica llamada W de Wilcoxon.

Prueba de hipótesis

Con la prueba de hipótesis podremos aceptar o rechazar la hipótesis nula mediante el uso de análisis de la significancia de la prueba de los estadígrafos t-student o Wilcoxon, los cuales serán usados dependiendo de la normalidad de los datos.

Si la significancia de la prueba es mayor al nivel de significancia (0.05), se acepta la hipótesis nula.

$$P(EP) \geq \alpha(0.05)$$

Se acepta la H_0

- Si el estadístico de prueba es menor del nivel de significancia (0.05), se rechaza la hipótesis nula.

$$P(EP) < \alpha(0.05)$$

Se rechaza la H_0

2.6. Aspectos éticos

En el desarrollo del presente proyecto de investigación se tomará en cuenta los aspectos éticos de la información captada tomando en cuenta la confiabilidad y la veracidad de toda la información recolectada y los resultados obtenidos. Asimismo, se respetará y protegerá la información recolectada y los resultados generados; no obstante, se tomará en cuenta el respecto de la identidad de los individuos que participaron en el presente estudio de investigación de la empresa REVASAC. Cabe mencionar y resaltar que el presente proyecto de investigación tiene como finalidad el incremento de la productividad sin fines de lucro.

2.7. Propuesta de mejora

2.7.1. Situación actual de la empresa

Descripción general de la empresa

La empresa de producción de sulfato de cobre con razón social REVASAC es una empresa que se dedica actualmente a la producción de sulfato de cobre propiamente dicha. En la actualidad esta empresa utiliza como materia prima para su producción, la chatarra de cobre o cobre reciclado. El área total de la planta es de 2500 m² con dimensiones de 50m de largo x 50m de ancho. La empresa actualmente se encuentra ocupando solo 1750m² lo cual representa el 70% del total, el 30% siguiente es un espacio inutilizado que se encuentra ocupado con material reciclado de cables y depósito de chatarra de distintos tipos de elementos como materiales plásticos y piezas de acero estructurales que no benefician a la empresa, la cual presenta un espacio perdido e inutilizado. No obstante, la empresa cuenta con un laboratorio donde se verifica la calidad y pureza de su producto; también cuenta con una oficina de gerencia, un baño amplio con vestuarios para hombres y mujeres; además cuenta con un área de mantenimiento, cabe resaltar que la empresa no cuenta con un espacio amplio para poder almacenar su producto terminado lo cual hace que lo almacenen en el pasadizo frente a las oficinas del laboratorio y los vestuarios para luego proceder a llevarlo a los puntos de venta. Asimismo, todas las oficinas y zonas de producción, almacenaje y mantenimiento se encuentran en un mismo lugar.

Cabe mencionar que el diseño y distribución de la planta fue realizada por el mismo dueño de la empresa, la cual se basó en criterios propios sin fundamentos teóricos de distribución de planta generando movimientos innecesarios del personal de producción, sumándose a esto equipos malogrados como es el caso de dos reactores que se encuentran sin uso o en estado

inoperativo por falta de mantenimiento a todo esto se suma la falta de abastecimiento de la materia prima el cual es la chatarra de cobre y da como resultado retrasos en la producción de sulfato de cobre. Es por tal motivo que se requiere implementar una nueva forma de producción con una alternativa nueva de proceso con una nueva clase de materia prima y desarrollando una adecuada distribución de planta para mejorar los tiempos de procesos de producción de sulfato de cobre. Asimismo, **la planta tiene una capacidad instalada de producción de 116 Tn x mes debido a sus 3 reactores y una programación planificada de 95 Tn por mes establecido por la empresa” REVASAC”**

2.7.2. Base legal

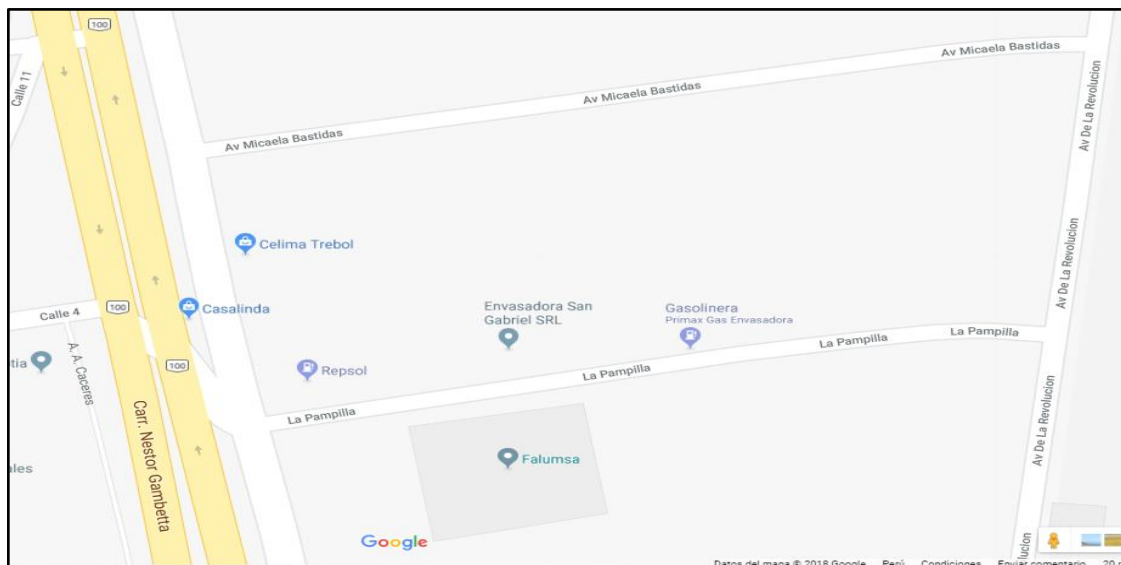
Razón social: REVASAC

RUC: 2052296163

Representante Legal: Liendo Chacón Roxana Lourdes

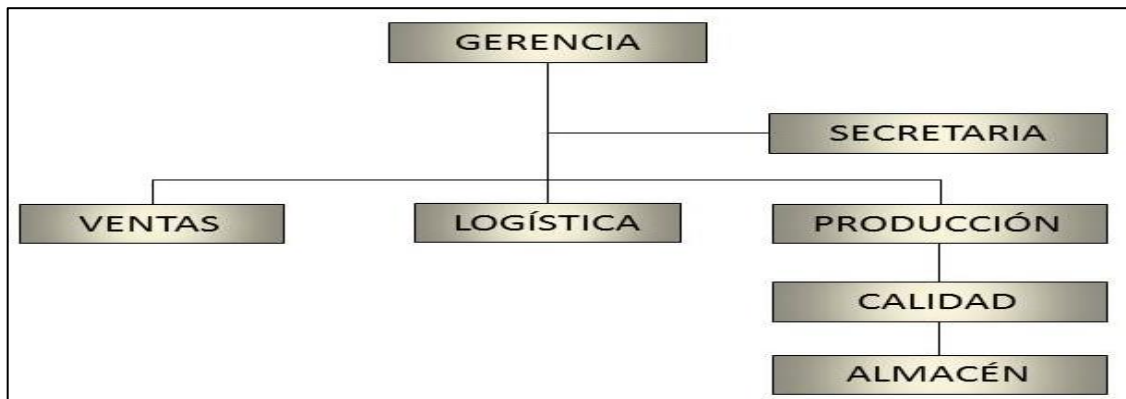
Fecha de inicio de la actividad: 20/08/2009

Dirección: Carretera Néstor gambeta, Ventanilla, 07036, Av., Micaela bastida Lote S/N



2.7.3. Organización de la empresa

Figura 34: Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

La empresa dedicada a la producción de sulfato de cobre a partir de la chatarra de cobre, cobre reciclado, cuenta con los siguientes trabajadores: 2 ingenieros químicos de procesos que son encargados del control de calidad y de producción, 6 operarios de producción (los cuales se dividen en 4 ayudantes y 2 jefe o especialista de proceso), 1 en cargo de almacén y 1 técnico de mantenimiento. La empresa cuenta con un cronograma establecido de producción el cual está establecido en un jornal de 6 días por semana trabajando 16 horas diarias.

Según el análisis observado de la visita de campo se encontró el estado de operación de la planta las cuales se describen a continuación.

- Mal diseño de planta (inadecuada distribución de planta) los equipos de proceso se encuentran distribuidos de tal forma que demoran el proceso de producción y causan interferencia en el tránsito del personal.
- La planta cuenta con tres reactores de los cuales dos reactores de sulfato de cobre se encuentran inoperativos, el cual genera pérdidas económicas ya que no se encuentran produciendo.
- Interferencia de líneas de proceso con el tránsito de personal el cual es producto de un mal diseño de planta. Asimismo, pudiendo causar accidentes ocupacionales.
- El área de pesado de la materia prima y de los productos terminados es la misma el cual generan pérdidas de tiempo de proceso.

2.7.4. Relación de equipos del proceso de producción actual

- 1 tanque de agua
- 1 bomba de agua
- 1 tanque de ácido sulfúrico
- 1 bomba de para ácido sulfúrico
- 1 caldera
- 1 bomba para la caldera
- 1 manífol de vapor
- 3 reactores de sulfato de cobre
- 2 compresores de aire (bloguers)
- 8 tanques cristalizadores de sulfato de cobre liquido
- 8 agitadores de sulfato liquido
- 1 centrifugadora
- 1 tanque de gas de GLP
- 1 quemador
- 6 tinas de agua madre
- 1 depósito de almacenamiento de agua madre (enterrado)
- 1 bomba de succión de agua madre
- 3 tanques elevado de agua madre

2.7.5. Descripción de la etapa del proceso productivo

La empresa de REVASAC se dedica a la producción de sulfato de cobre, la cual utiliza como materia prima al cobre reciclado, también conocido como chatarra de cobre.

Para poder producir sulfato de cobre primero trasladan el cobre metálico de sus almacenes hacia el reactor para luego añadirle ácido sulfúrico, aire y vapor de agua. El tiempo aproximado de la reacción es de 16 a 18 horas y de 80°C a 90°C. El producto obtenido es sulfato de cobre liquido saturado, este sulfato liquido luego es trasladado mediante un sistemas de tuberías hacía unos equipos llamados cristalizadores en donde el proceso de cristalización se da por sobresaturación y por enfriamiento a condiciones normales en donde se empieza a formar los cristales de sulfato para luego ser recolectado (cosecha) y

transportado a la zona de centrifugación, mientras que el sulfato líquido que no se cristalizó es llamado aguas madres y estas aguas madres se deposita en tinas para luego renviarlo a una poza y después ser bombeadas a unos tanques elevados de almacenamiento que van a alimentar al reactor como parte de una retro alimentación. El sulfato de cobre es cosechado de los cristalizadores para luego ser llevado a la zona de centrifugación en donde se separa los cristales de cobre y el excedente de agua. El excedente de agua es derivado hacia las tinas de aguas madre; mientras que el sulfato de cobre centrifugado pasa al área de secado para lograr obtener sulfato de cobre al 99.99% mientras el 0.001% es agua.

Este tipo de proceso de reacción y obtención de sulfato de cobre es el que más tiempo demora en la formación de cristales de cobre.

2.7.6. Tiempo de producción

El tiempo de producción de la planta es de 6 días en los cuales se producen aproximadamente un promedio de 7.5 toneladas de sulfato de cobre pentahidratado, básicamente la producción es variable debido a las circunstancias de la disposición de la materia prima, la cual obedece a cambios de precios en el mercado y a la legalidad de su procedencia.

2.7.7. Diagrama de entradas y salidas del proceso actual

➤ **Diagrama de entradas y salidas** (input-output diagram)

Figura 35: Diagrama de entradas y salidas del proceso actual



Fuente: Elaboración propia

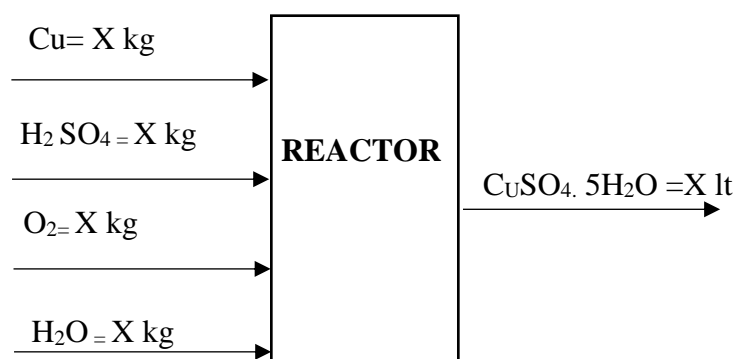
2.7.8. Balance de materia antes de la implementación

Para el cálculo del balance de la materia antes de la implementación se procedió hacer dos tipos de balance de materia con el propósito de obtener los datos finales de la producción.

- A. Balance de materia con reacción química
- B. Balance de la materia sin reacción química

Balance de materia con reacción química antes

La fórmula general del sulfato de cobre pentahidratado $Cu + SO_4 \cdot 5H_2O$



Datos técnicos

Volumen total del reactor	12.56 m3
Volumen total de trabajo del reactor	11.00 m3
D=M/V	
Densidad del sulfato	1.38 kg/l
Eficiencia del reactor	95%
Pureza de chatarra de cobre	99%
Porcentaje de Oxígeno del aire	21%
Densidad del Ácido al 98%	1.84 kg/l
Volumen total del reactor	12560.00 lt
Volumen total de trabajo del reactor	10995.5 m3

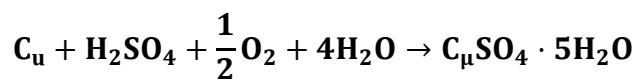
Metal y/o no metal	Peso atómico
Cu	63.55
H	1
O	16
S	32.07

1mol de sustancia	Peso
1 mol (Cu)	64 gr
1mol (H2SO4)	98 gr
1mol (0.5 O2)	8 gr
1mol (4(H2O))	72 gr

Para el método de balanceo químico se utilizó el método de tanteo para poder determinar la ecuación real, la cual determina la cantidad de materia prima para la obtención de sulfato de cobre líquido saturado. Asimismo, se utilizó la eficiencia del reactor la cual es de 95% como dato importante para la ecuación real.

Balanceo químico

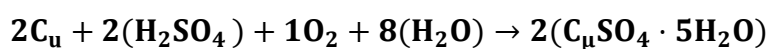
Tabla 9: balanceo químico general del sulfato de cobre liquido con el método de tanteo



1 mol	1 mol	0.5 mol	4 mol	1 mol
64 gr	98 gr	16 gr	72 gr	250 gr

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Ecuación teórica del sulfato de cobre liquido antes de la implementación



Ecuación teórica				
2 mol	2 mol	1 mol	8 mol	2 mol
0.127 kg	0.196 kg	0.032 kg	0.144 kg	0.499 kg

Fuente: Elaboración propia

La tabla 10 muestra la ecuación teórica de la producción de sulfato de cobre líquido que se necesita para la producción de cristales de sulfato de cobre pentahidratado.

Tabla 11: Ecuación real del sulfato de cobre liquido antes de la implementación

Ecuación Real				
2 mol	2 mol	1 mol	8 mol	2 mol
0.127 kg	0.196 kg	0.032 kg	0.144 kg	0.474 kg

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 muestra la ecuación general real para la producción de sulfato de cobre líquido. Esta ecuación muestra la masa y volumen de la materia prima para la producción de sulfato de cobre líquido.

En la tabla 12 se muestra los resultados calculados de datos general obtenidos de masa y volumen teórico y real de materia prima para la producción de sulfato de cobre antes de la implementación en un reactor (ver tabla 12)

Tabla 12: Datos generales obtenidos de masa-volumen teórico y real antes

cuadro de masa (kg) y volumen (lt)				
Masa Chatarra Cobre	2,990.62	kg	Masa sulfato (teórica)	11,629.47
Masa de ácido	2,483.13	lt		
Masa de oxigeno	745.42	kg	Masa de sulfato (real)	11,048.00
Masa de aire	3,549.62	kg		
Masa de agua	3,354.39	lt		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Balance de materia sulfato de cobre líquido (PRE TEST)

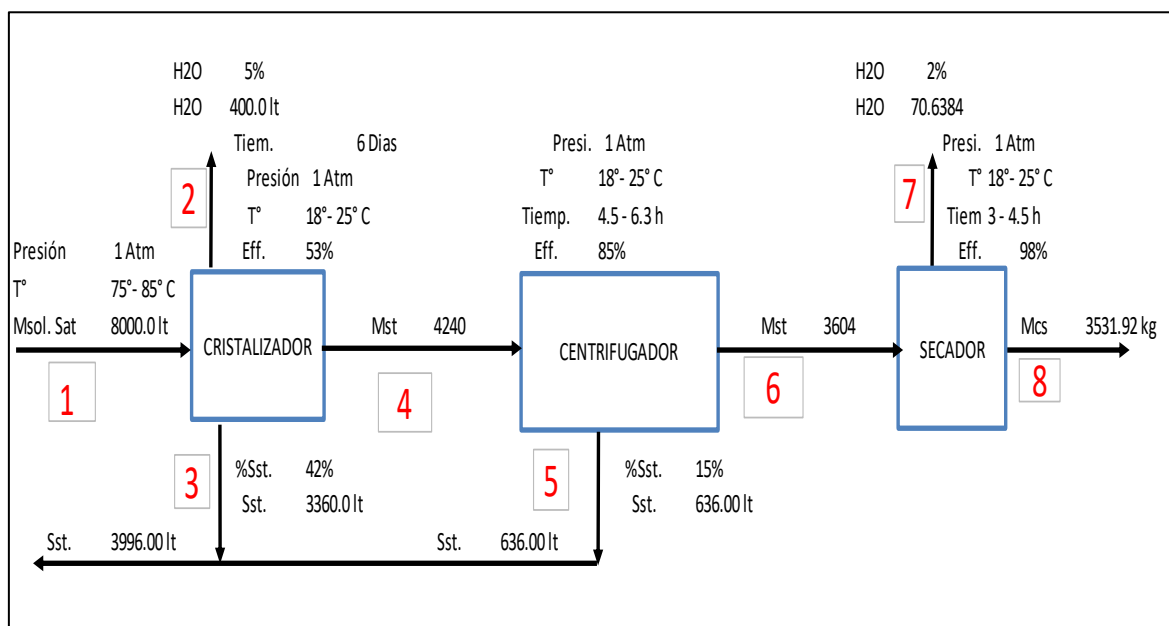
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO (PRE-TES)							
SEMANA	NUMERO DE REACCIÓN	JUN. 2018	JULIO. 2018	AGO. 2018	SEP. 2018	OCT. 2018	NOV. 2018
SEMANA-01	REACCIÓN-01	8.73 m3	7.53 m3	7.99 m3	8.30 m3	8.30 m3	7.58 m3
	REACCIÓN-02	9.00 m3	8.54 m3	5.84 m3	7.80 m3	7.80 m3	7.80 m3
SEMANA -02	REACCIÓN-03	9.36 m3	7.51 m3	8.90 m3	9.52 m3	9.52 m3	8.46 m3
	REACCIÓN-04	7.43 m3	8.47 m3	9.25 m3	6.50 m3	6.50 m3	5.80 m3
SEMANA-03	REACCIÓN-05	7.85 m3	9.50 m3	9.53 m3	2.55 m3	2.55 m3	3.65 m3
	REACCIÓN-06	9.78 m3	6.15 m3	9.53 m3	9.54 m3	2.55 m3	9.88 m3
SEMANA-04	REACCIÓN-07	8.47 m3	5.14 m3	7.57 m3	10.54 m3	10.54 m3	3.55 m3
	REACCIÓN-08	9.79 m3	10.98 m3	7.95 m3	6.58 m3	6.58 m3	4.53 m3
TOTAL		70.4	63.8	66.6	61.3	54.3	51.3

Fuente: Elaboración propia

La tabla 13 muestra la producción de sulfato de cobre líquido. Para ello se realizó el cálculo de balance de químico donde se procedió a calcular la materia prima para la producción de sulfato de cobre líquido propiamente dicho. De los cuales se obtienen 2 reacciones por semana o 2 BACH por semana.

Balance de materia sin reacción química antes

Balance de materia de producción de cristales de sulfato de cobre



Para determinar el balance de materia se utilizó como base teórica la ecuación universal de la conservación de la materia la cual es:

Tabla 14: Ecuación universal de la conservación de la materia

Símbolo	Descripción	Ecuación
A	Acumulación dentro del sistema	A=E +S+G + C
E	Entradas por los límites del sistema	
S	Salidas por límites del sistema	
G	Generación dentro del sistema	
C	Consumo dentro del sistema	

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación exacta en el balance de materia se tomó la eficiencia de los equipos la cual es un factor real muy importante que actualmente intervienen en el actual proceso físico; de los cuales el cristalizador tiene una eficiencia de 53% la centrifugadora tiene una eficiencia de 85% y el secador de 98%. Asimismo, para el cálculo de presión, temperaturas y caudal se utilizó equipos de instrumentación las cuales se encuentran monitoreando el proceso de producción. Estos instrumentos son: manómetros para medir la presión en los equipos, termocuplas para medir la temperatura de los equipos y caudalímetros para determinar el caudal que salen de los equipos.

ver los resultados del balance de materia obtenido en la tabla 14.

Tabla 15: Balance de materia de producción cristales de sulfato de cobre (PRE TEST)

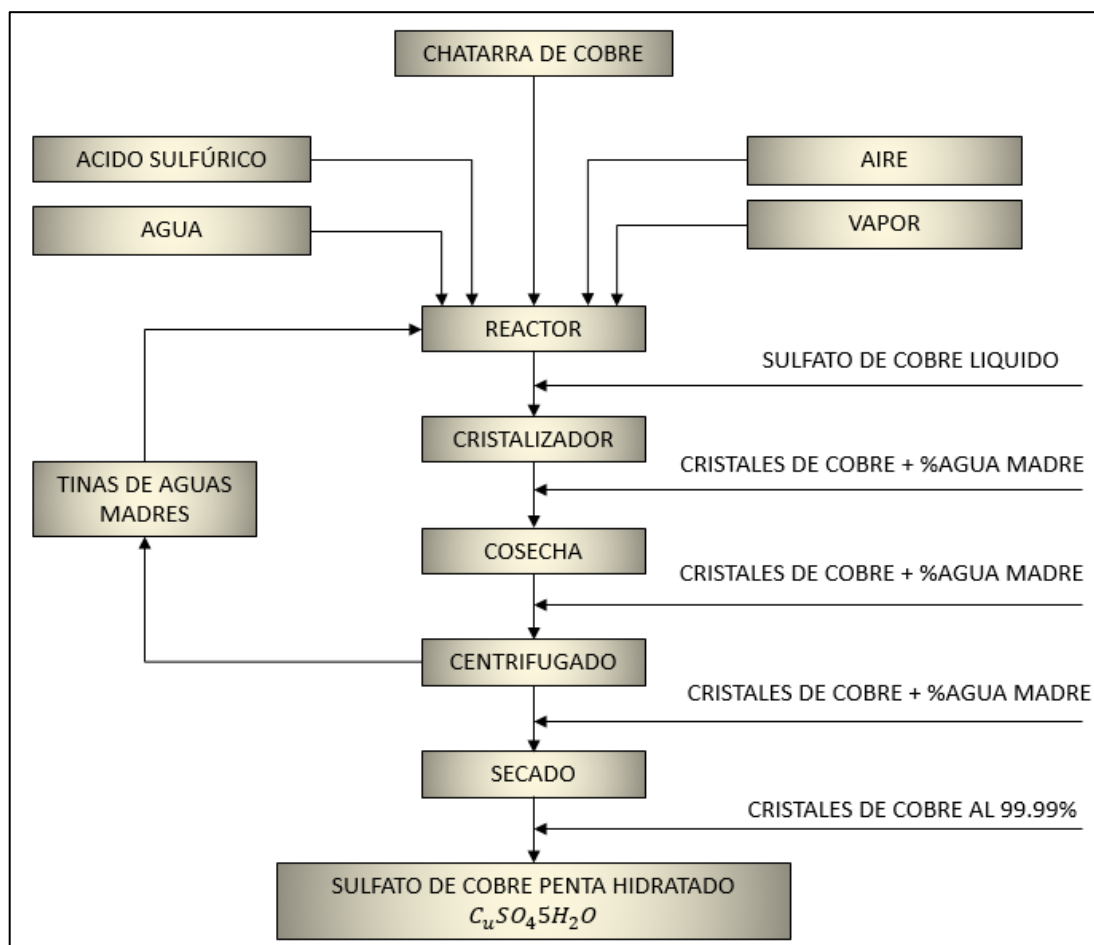
BALANCE DE MATERIA DE CRISTALES DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO - (PRE TEST)							
SEMANA	MASA DE CRISTALES SOLIDOS	JUN. 2018	JULIO. 2018	AGO. 2018	SEP. 2018	OCT. 2018	NOV. 2018
SEMANA-01	MCS-01	3.852 Tn	3.322 Tn	3.525 Tn	3.664 Tn	3.664 Tn	3.347 Tn
	MCS-02	3.973 Tn	3.771 Tn	2.579 Tn	3.445 Tn	3.445 Tn	3.445 Tn
SEMANA -02	MCS-03	4.131 Tn	3.316 Tn	3.929 Tn	4.205 Tn	4.205 Tn	3.734 Tn
	MCS-04	3.278 Tn	3.738 Tn	4.082 Tn	2.870 Tn	2.870 Tn	2.559 Tn
SEMANA-03	MCS-05	3.464 Tn	4.194 Tn	4.078 Tn	1.124 Tn	1.124 Tn	1.613 Tn
	MCS-06	4.318 Tn	2.714 Tn	4.206 Tn	4.213 Tn	4.213 Tn	4.360 Tn
SEMANA-04	MCS-07	3.737 Tn	2.270 Tn	3.341 Tn	4.655 Tn	4.655 Tn	1.566 Tn
	MCS-08	4.321 Tn	4.847 Tn	3.508 Tn	2.907 Tn	2.907 Tn	1.999 Tn
TOTAL		31.1 Tn	28.2 Tn	29.2 Tn	27.1 Tn	27.1 Tn	22.6 Tn

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se observa el balance de materia de la producción final de cristales de sulfato de cobre pentahidratado. Este balance fue realizado después de hacer el balance químico de la obtención de sulfato de cobre líquido. Asimismo, se observa la producción de cristales solidos dos veces por semana debido al tiempo que demora la cristalización y/o formación de cristales de sulfato de cobre.

2.7.9. Diagrama de flujo de bloques antes de la implementación

Figura 36: Diagrama de flujo de bloques

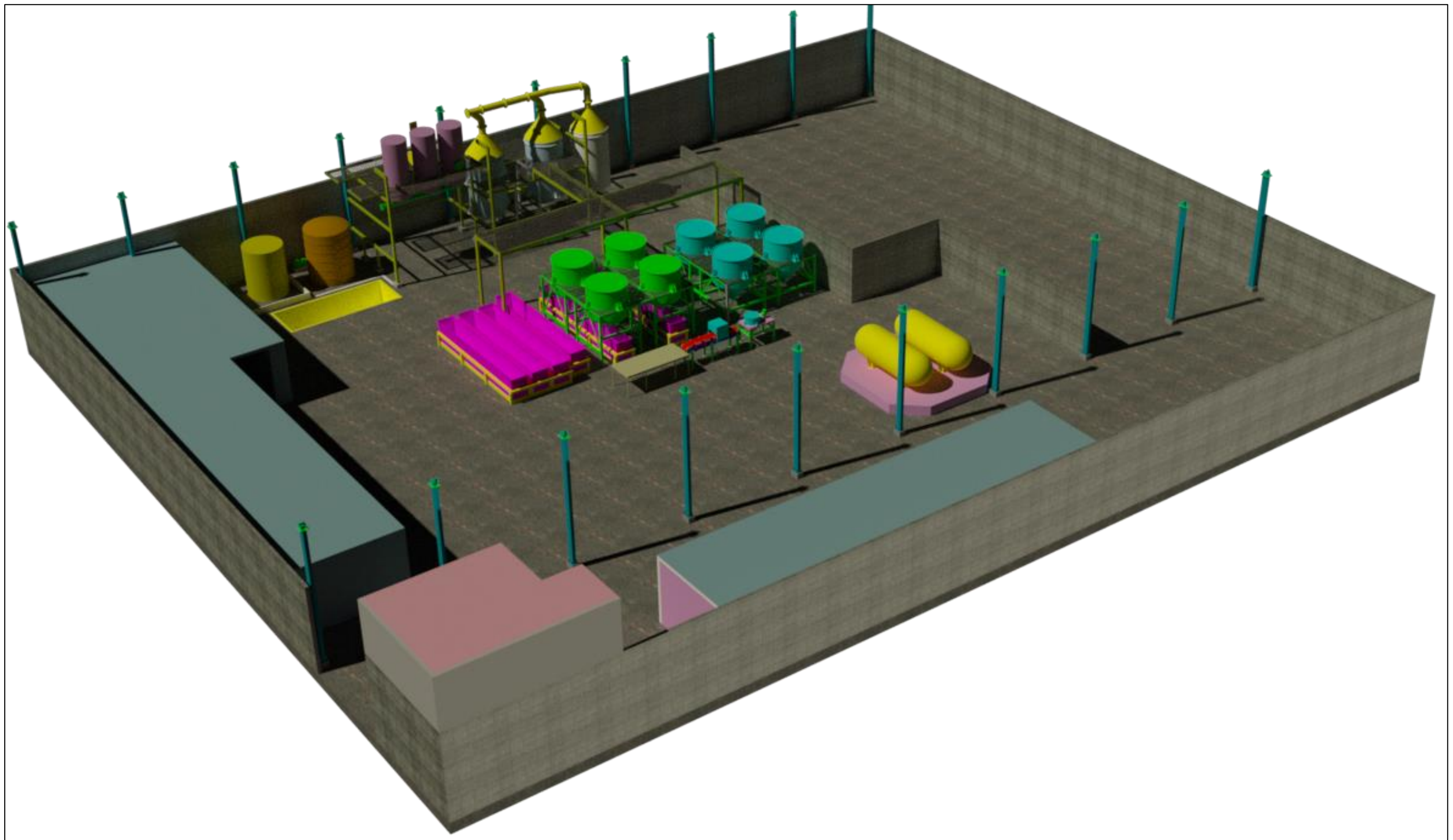


Fuente: Elaboración propia

En la figura 36 muestra el diagrama de flujo de proceso de la producción de los cristales de sulfato de cobre pentahidratado al 99%. En este diagrama observamos en términos generales el inicio del proceso de producción iniciando en un reactor, pasando luego por un sistema de cristalización y terminando en el sistema de centrifugado para luego obtener los cristales de cobre.

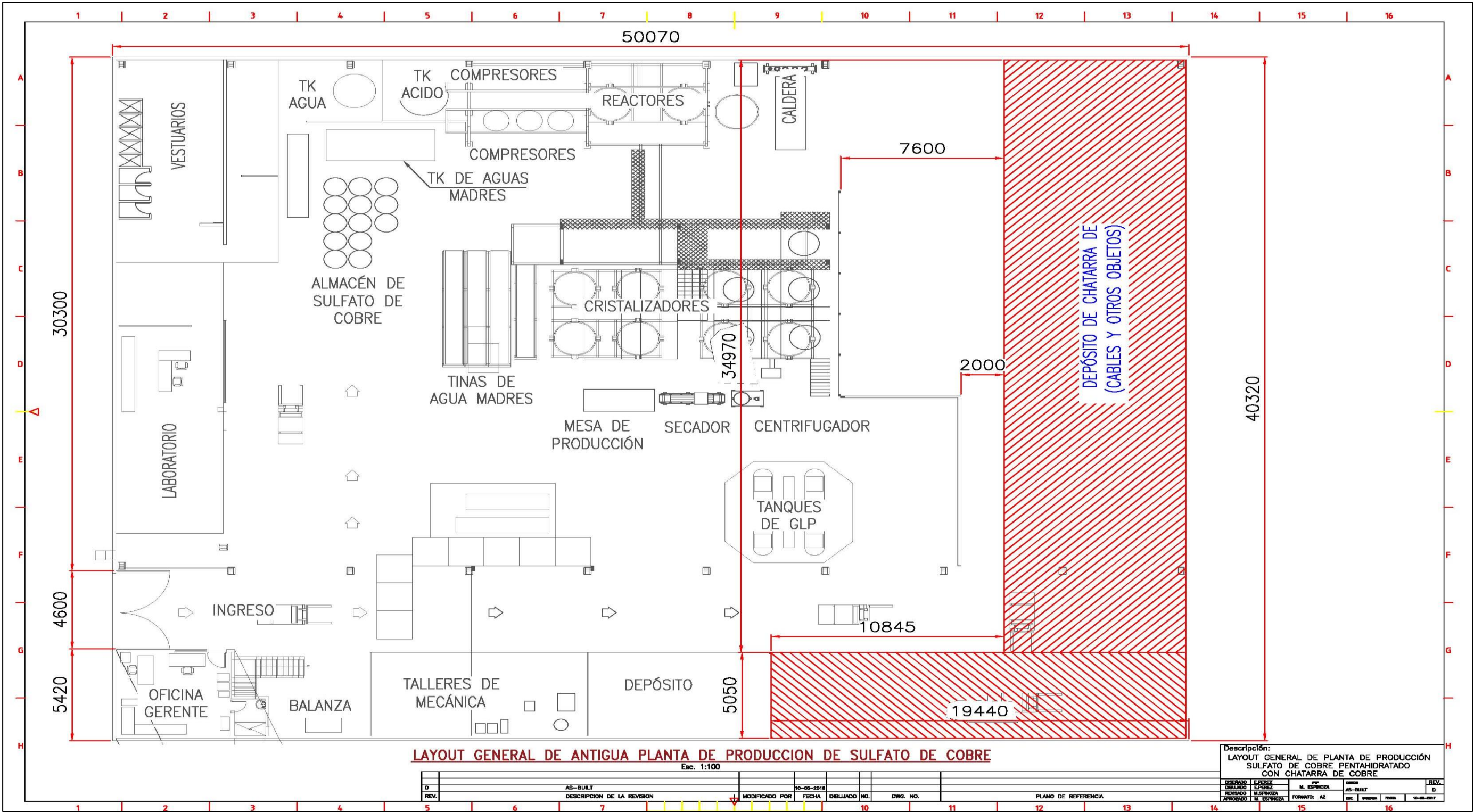
Asimismo, en la figura 37 muestra una vista virtual en 3D de la planta de procesamiento de cristales de sulfato de cobre, en ella se logra apreciar los diferentes equipos que intervienen en el proceso productivo como los reactores, cristalizadores, tinas de aguas madres, dosificadores, etc.

Figura 37: Maqueta 3d de la planta situación actual



Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Planto de la planta- lay out general situación actual



Fuente: Elaboración propia







La figura 38 muestra el plano de arreglo general de toda la planta de procesamiento de cobre para la producción de sulfato de cobre, en este plano se puede apreciar la disposición de los actuales equipos de producción como: reactores, dosificadores, compresores, cristalizadores, centrifugadoras, tinas de aguas madres tanque de ácido, tanque de agua y secadora; este plano se elaboró con la finalidad de poder revisar la ubicación de los equipos.

2.7.10. Diagrama de operaciones del producto DOP

Diagrama de operaciones del producto DOP

Para la representación del diagrama de operaciones actual utilizaremos las simbologías de estudios de métodos del trabajo, el cual consiste en el registro y examen crítico sistemático de las formas, modos y maneras de realizar las actividades con el propósito de realizar mejoras en el proceso de producción. (OIT, 1996, p.19).

Figura 39: Cuadro de simbología de métodos de operaciones de procesos

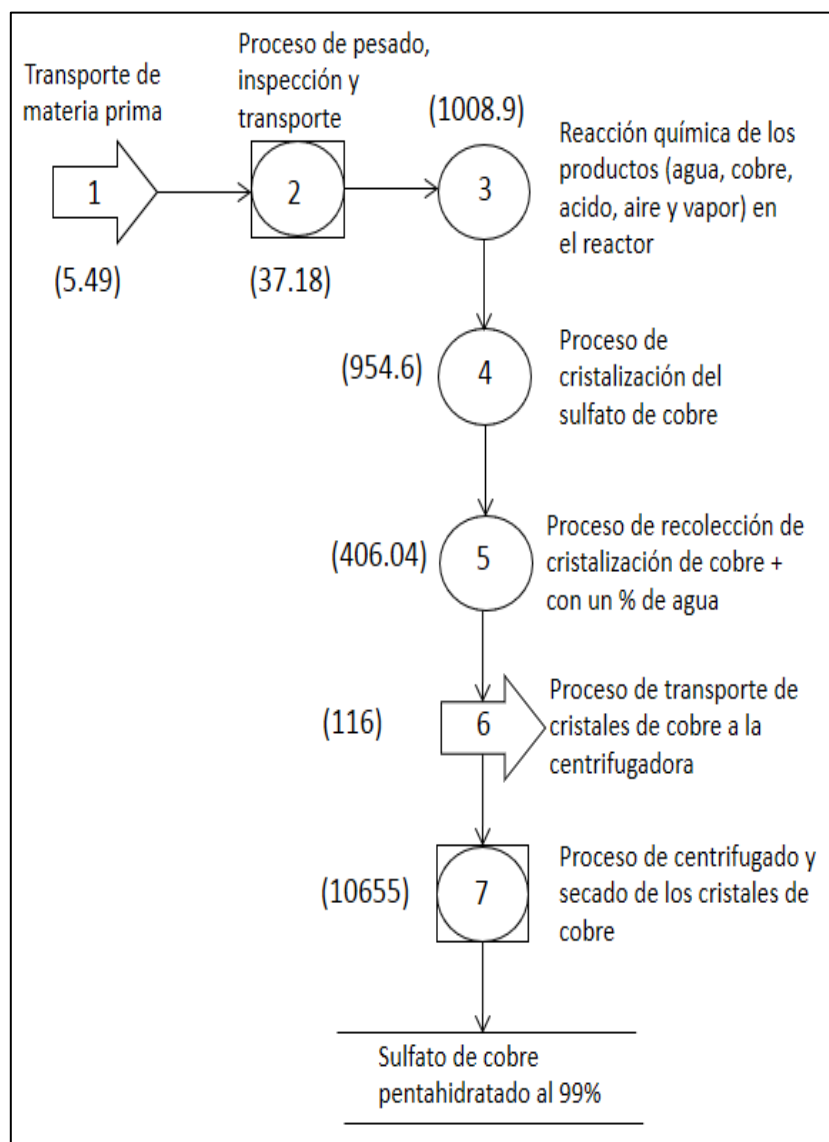
Símbolo	Nombre	Descripción
	Operación	Indica las fases del proceso
	Inspección	Indica la inspección del producto y calidad
	Transporte	Indica movimiento de trabajadores y materiales
	Espera	Indica demora en el desarrollo de los procesos
	Almacenamiento	Indica depósito de objetos bajo vigilancia
	Operaciones combinadas	Indica operaciones combinadas del proceso

Fuente: Elaboración propia

DOP Diagrama de operaciones del producto actual

En el siguiente diagrama de operaciones del actual proceso se representa el proceso de la transformación de la materia prima para la obtención del producto final el cual es el sulfato de cobre penta hidratado;

Figura 40: Datos del DOP actual








Fuente: Elaboración propia

DAP Diagrama de actividades de proceso actual

El diagrama de actividades del proceso (DAP) indica gráficamente el flujo de todas las actividades que intervienen en el proceso actual y también nos muestra el tiempo de trabajo realizado para cada actividad que involucra la producción del sulfato de cobre de “1 BACH” (ver figura 41).

Figura 41: DAP del proceso actual

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO									
REVASAC		DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO ELABORACIÓN DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO							
Datos del DAP de produccion de cristales sulfato de cobre					N de Diagrama: 1				
El diagrama inicia en:		Recepción de la materia		Diagrama:		Actual			
El diagrama termina en:		Almacen del producto							
Elaborado por:		Eder Perez Abad				Fecha:		10/09/2018	
N°	Descripción	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (min)	OBS.
		 Operación	 Transporte	 Espera	 Insp.	 Almace.			
1	RECEPCION DE MATERIA PRIMA							20.38	
2	TRANSPORTAR AL ÁREA DE PESADO							5.49	
3	INSPECCIONAR							1.71	
4	TRANSPORTAR AL REACTOR						40	2.76	
5	ADICIÓN DE REACTANTES							12.33	
6	REACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA							1004.99	
7	INSPECCIONAR							2.6	
8	TRANSPORTE DE LA MEZCLA A LOS CRISTALIZADORES						10	1.33	
9	FORMACION DE CRISTALES A CONDICONES NORMALES							954.6	
10	INSPECCIONAR							2.75	
11	COSECHA DE LOS CRISTALES DE COBRE						5	308.97	
12	ESCURRIMIENTO DE LA COSECHA							94.32	
13	TRANSPORTE DE COSECHA A LA CENTRIFUGADORA						3	116.04	
14	CENTRIFUGACIÓN							344.59	
15	INSPECCIONAR							2.83	
16	SECADO							199.27	
17	PROCESO DE TAMIZADO						15	130.74	
18	TRANSPORTE AL ÁREA DE EMPACADO Y PESADO						20	91.93	
19	PESADO Y EMPACADO							769.36	
20	TRANSPORTE AL ÁREA DE ALMACEN						15	15.53	
Total		5	6	1	4	2	108	68.0 Hrs	

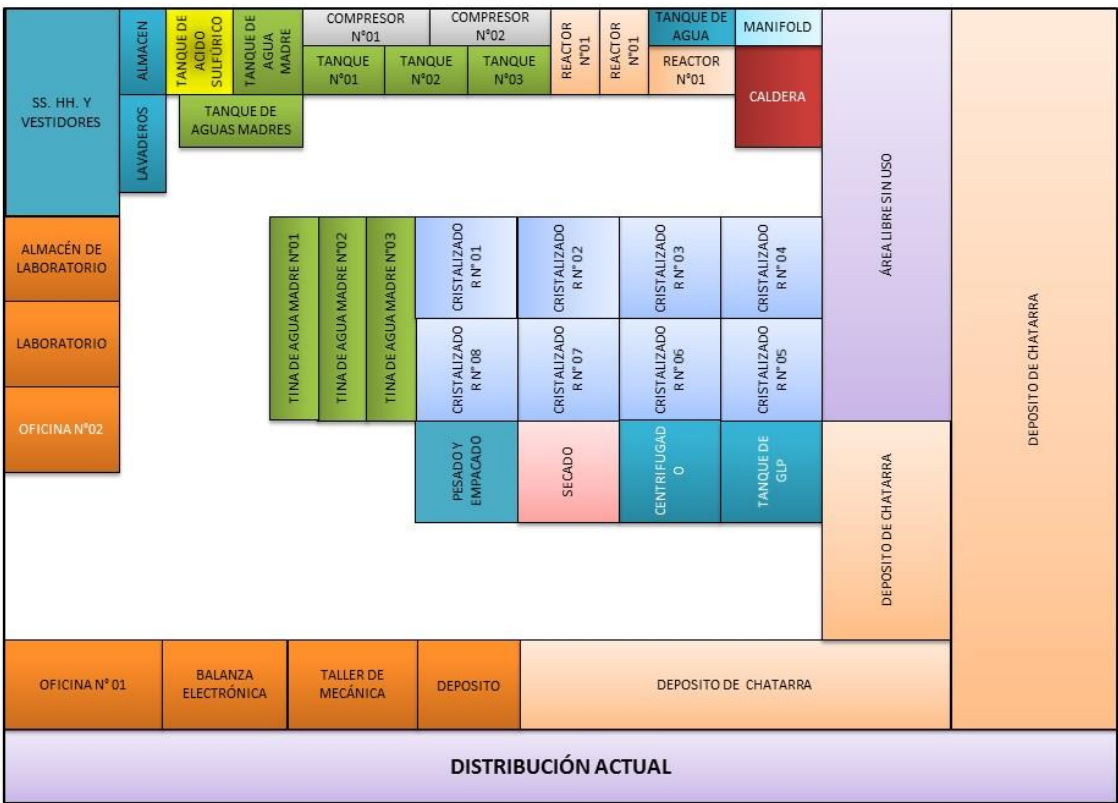
Fuente: Elaboración propia

2.7.11. Diagrama de distribución de áreas del proceso actual

En el actual proceso de producción se presenta una distribución de áreas la cual fue diseñada por el mismo dueño de la empresa, sin tener ningún conocimiento previo de las nociones básicas de distribución de planta por procesos, por tales motivos se representa una mala distribución de los equipos que dificultan la manera de ejecutar el proceso de producción con lo cual generan demoras en el proceso productivo. Este previo análisis servirá para determinar el nuevo diseño de reingeniería de procesos.

En la figura 42 se muestra de manera esquemática la distribución de las áreas del actual proceso de producción de la elaboración del sulfato de cobre, con lo cual tomaremos como referencia para el sustento de la baja productividad y por ende el cambio total o radical de la forma actual aplicando la reingeniería de procesos.

Figura 42: Esquema de distribución de áreas del proceso actual



Fuente: Elaboración propia

Analizando los espacios que ocupan cada actividad a continuación:

Tabla 16: Áreas utilizadas por cada actividad actualmente

Área utilizada actualmente por cada proceso			
Actividades	Largo	Ancho	Total (m2)
MP	2 m	2 m	4.00 m2
Pesado	2 m	2 m	2.76 m2
Área H2SO4	5 m	4 m	19.60 m2
Área de tanque enterrado de aguas madres	6 m	2 m	13.46 m2
Área de tanque de agua madre	4 m	4 m	16.00 m2
Área de dosificadores	6 m	2 m	11.04 m2
Área de compresores	6 m	2 m	12.00 m2
Área de tanque de agua	2 m	2 m	3.92 m2
Área de caldera	3 m	2 m	4.65 m2
Área de reacción	7 m	5 m	34.84 m2
Área de cristalización	12 m	5 m	64.66 m2
Área de tinajas de aguas madres	7 m	3 m	22.08 m2
Área de tanques de glp	5.95 m	5.95 m	35.40 m2
Área centrifugación	6 m	5 m	30.00 m2
Área de secado	3 m	5 m	15.00 m2
Etiquetado y empaquetado	3 m	5 m	15.00 m2
PT	9 m	5 m	42.50 m2
		total	346.90 m2


Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se muestran todas las áreas que intervienen en el proceso actual las cuales suman un área total de 346.90 m2.

2.7.12. Determinación del tiempo de ciclo de producción antes

Como siguiente paso analizamos el tiempo que demora el proceso actual en la elaboración el sulfato de cobre como producto final terminado después de todo el proceso de producción. Para ello se tomó un análisis de tiempo de ciclo de producción de julio a octubre del 2018 con la finalidad de poder obtener datos más exactos y de esta manera poder sustentar la baja productividad y la aplicación de nuevos métodos de reingeniería de procesos que ayuden a mejorar y/o aumentar la productividad.

Tabla 17: Tiempo de ciclo de producción total de junio a octubre del 2018 (PRE-TES)

BALANCE DE MASA (m3 & Tn) Y TOMA DE TIEMPO DE CICLO DE PRODUCCION (PRE-TES) min							
Producto:		SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO		<u>REVASAC</u>			
Observación:		TIEMPO OBSERVADO					
Balance de materia de sulfato de cobre liquido		VOLUMEN DE DE PRODUCCIÓN					
Balance de materia de cristales de sulfato de cobre solido		MASA DE CRISTALES PRODUCIDOS					
Responsable:		EDER PÉREZ ABAD					
Fecha:		02 julio al octubre 27 de octubre del 2018					
MES		JUN. 2018	JUL. 2018	AGO. 2018	SEP. 2018	OCT. 2018	NOV. 2018
Nro	CUATRO REACCIONES x MES	8R	8R	8R	4R	4R	4R
ITEM	ACTIVIDADES 4 REACCIONES x MES	MES-01	MES-02	MES-03	MES-04	MES-05	MES-06
1	RECEPCION DE MATERIA PRIMA	164 min	164 min	165 min	165 min	160 min	144 min
2	TRANSPORTAR AL ÁREA DE PESADO	45 min	44 min	44 min	44 min	38 min	40 min
3	INSPECCIONAR	13 min	13 min	13 min	13 min	15 min	13 min
4	TRANSPORTAR AL REACTOR	22 min	22 min	22 min	23 min	20 min	19 min
5	ADICIÓN DE REACTANTES	82 min	81 min	85 min	82 min	44 min	63 min
6	REACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA MEZCLA	8233 min	8391 min	8030 min	8301 min	8207 min	8127 min
7	INSPECCIONAR	22 min	22 min	21 min	21 min	21 min	18 min
8	TRANSPORTE DE LA MEZCLA A LOS CRISTALIZADORES	9 min	10 min	10 min	10 min	9 min	14 min
9	FORMACION DE CRISTALES A CONDICIONES NORMALES	7142 min	7222 min	7185 min	7121 min	7090 min	7189 min
10	INSPECCIONAR	22 min	22 min	23 min	23 min	21 min	21 min
11	COSECHA DE LOS CRISTALES DE COBRE	2559 min	2624 min	2638 min	2677 min	2600 min	2598 min
12	ESCURRIMIENTO DE LA COSECHA	813 min	818 min	860 min	837 min	853 min	800 min
13	TRANSPORTE DE COSECHA A LA CENTRIFUGADORA	809 min	828 min	831 min	864 min	814 min	835 min
14	CENTRIFUGACIÓN	2559 min	2606 min	2624 min	2686 min	2759 min	2587 min
15	INSPECCIONAR	23 min	23 min	23 min	22 min	20 min	21 min
16	SECADO	1570 min	1558 min	1547 min	1601 min	1588 min	1568 min
17	PROCESO DE TAMIZADO	1334 min	1247 min	1220 min	1272 min	1159 min	1215 min
18	TRANSPORTE AL ÁREA DE EMPACADO Y PESADO	850 min	835 min	815 min	848 min	759 min	814 min
19	PESADO Y EMPACADO	6336 min	6269 min	6229 min	6429 min	6254 min	6158 min
20	TRANSPORTE AL ÁREA DE ALMACEN	67 min	70 min	68 min	68 min	70 min	60 min
TIEMPOS TOTALES EN HORAS		547.8 Hrs	547.8 Hrs	540.9 Hrs	551.8 Hrs	541.7 Hrs	538.4 Hrs
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO		70.38 m3	63.81 m3	66.54 m3	61.34 m3	54.35 m3	51.24 m3
BALANCE DE MATERIA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE SOLIDO		31.1 Tn	28.2 Tn	29.2 Tn	27.1 Tn	27.1 Tn	22.6 Tn

VALOR PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN	
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE SULFATO LÍQUIDO	61.28 m3
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE MASA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE	27.55 Tn
PROMEDIO DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN MENSUAL	544.7 Hrs

Fuente: elaboración propia

En la tabla 17 se observa que para producir un promedio mensual de 28 Tn de cristales de sulfato de cobre pentahidratado, se utilizó un promedio mensual de 61.28 m3 de sulfato de cobre líquido; empleando un promedio mensual de 544.7 hh (horas hombre).

Asimismo, cabe mencionar que siendo la capacidad de planta instalada de 6 bacht por semana (por lo que se cuenta con 3 reactores de 11 m3 cada uno), esto generaría una producción de 66 m3 de sulfato de cobre líquido con lo cual se obtendría una producción de masa de 29.14 Tn por semana de cristales de sulfato de cobre pentahidratado, esto equivaldría a 116.6 Tn mensuales; se concluye que la producción es demasiado baja en 76% más bajo.

2.8. Desarrollo de la propuesta de mejora

Determinación de la metodología para la reingeniería de procesos:

Para la selección de la aplicación de la reingeniería de procesos se elaboró el siguiente cuadro mostrando cuatro tipos de metodologías de aplicación de reingeniería de procesos, de las cuales determinaremos la mejor alternativa de solución. (Ver tabla 18)

Tabla 18: Metodologías para la aplicación de la reingeniería de procesos

Etapas	Hammer & Champy	Morriss & Brandon	Manganell & Klein	Institute of Industrial Engineers
1	Movilización	Identificación de procesos posibles	Preparación	Iniciación del proyecto
2	Diagnostico	Análisis inicial de impacto	Identificación	Comprensión del proceso
3	Rediseño	Definir alcance	Visión	Diseño de nuevos procesos
4	Transición	Análisis de procesos actuales	Solución técnica y social	Transición de negocio
5		Definición de procesos alternos	Transición	
6		Evaluar impacto en costos		
7		Selección de la mejor alternativa		
8		Implementación		
9		Actualización de información		

Fuente: Hernández, M., (2001)

Metodología de reingeniería de procesos de Hamer y Champy:

El modelo de reingeniería de procesos de Hammer y Champy es aplicado al cambio radical y/o total en las empresas. Asimismo, está orientado a la reducción de costos y a la satisfacción de los clientes. No obstante, continuación presentaremos las ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Como idea principal prioriza el cambio radical y/o total de la empresa como alternativa de solución.
- Se apoya en la integración de toda la empresa para lograr realizar el cambio.
- Utiliza el concepto de “**Benchmarking**” el cual consiste en la recopilación de información para obtener nuevas ideas y compararlas con los datos de la empresa.

Desventajas:

- No define y/o propone una metodología para la aplicación de la reingeniería, en lugar de ello establece los procesos y una secuencia de pasos a realizar para lograr el cambio radical en la empresa.
- No cuenta y/o proporciona herramientas tecnológicas para la aplicación de la reingeniería.

(ver tabla 19)

Tabla 19: Pasos para la aplicación de la reingeniería de procesos

Reingeniería de procesos	
Pasos	Objetivos
Pasos	Se plantean los objetivos de la empresa y las condiciones en las que se encuentra
Diagnostico	Se estudia y evalúa los procesos de actuales de la empresa para su entendimiento
Rediseño	Propone y/o establece una nueva forma de proceso de producción y/o servicio
Transición	Es parte del entendimiento del enfoque orientado a realizar la conexión de las diferentes actividades que se encuentran pendientes en el proceso de reingeniería.

Fuente: Elaboración propia

A. Metodologías para la reingeniería de procesos de Manganelli & Klein:

La metodología de reingeniería de Manganelli & Klein se presenta resumida en la siguiente tabla (ver tabla 20)

Tabla 20: Proceso metodológico de Manganelli & Klein

1 Preparación	2 Identificación	3 Visión	4A Solución: Diseño Técnico	4B Solución: Diseño Social	5 Transformación
1.1 Reconocer la necesidad	2.1 Reconocer la necesidad	3.1 Entender estructura del Proceso	4A.1 Modelar relaciones de identidad	4B.1 Facultar al empleado, contacto con clientes	5.1 Diseño del Sistema
1.2 Desarrollar consenso ejecutivo	2.2 Definir y medir rendimiento	3.2 Entender Flujo del Proceso	4A.2 Reexaminar relaciones de los procesos	4B.2 Identificar grupos característicos de cargos	5.2 Diseño técnico
1.3 Capitalizar el equipo	2.3 Definir entidades	3.3 Identificar actividades de valor	4A.3 Instrumentar e informar	4B.3 Definir cargos/equipos	5.3 Prueba e introducción
1.4 Planificar el cambio	2.4 Modelar procesos	3.4 Determinar el rendimiento	4A.4 Consolidar interfaces de información.	4B.4 Necesidades de destreza y personal	5.4 Evaluar personal
	2.5 Identificar actividades	3.5 Determinar impulsores del rendimiento	4A.5 Redefinir alternativas	4B.5 Estructura Gerencial	5.5 Construir sistema
	2.6 Extender modelo de procesos	3.6 Calcular oportunidad	4A.6 Reubicar y reprogramar controles	4B.6 Fronteras Organizacionales	5.6 Capacitar al Personal
	2.7 Correlacionar Organización	3.7 Visualizar el ideal (Interno)	4A.7 Modular	4B.7 Cambios de cargos	5.7 Prueba piloto
	2.8 Correlacionar Recursos	3.8 Visualizar el ideal (Externo)	4A.8 Especificar implantación	4B.8 Planes de carrera	5.8 Refinamiento y transición
	2.9 Fijar prioridades de los procesos	3.9 Integrar Visiones	4A.9 Aplicar tecnología	4B.9 Organización de transición	5.9 Mejora continua
		3.10 Definir Subdivisiones	4A.10 Planificar implementación	4B.10 Gestión del cambio	
				4B.11 Incentivos	
				4B.12 Planificar implementación	

Fuente: Torres, M., (2014)

Asimismo, esta metodología de reingeniería presenta sus ventajas y desventajas

Ventajas:

- Este modelo de reingeniería cuenta con información y guía a seguir para su aplicación, dando las indicaciones a seguir en cada una de las etapas.
- Aplica herramientas tecnológicas para la reingeniería de procesos.
- Los resultados se dan en el corto tiempo de entre 6 a 12 meses aproximadamente.

Desventajas:

- La aplicación de este modelo de reingeniería es muy costosa, ya que utiliza diferentes tipos de recursos para el levantamiento de información con el propósito de lograr el objetivo.
- No cuenta y/o proporciona herramientas tecnológicas para la aplicación de la reingeniería.
- La aplicación de este modelo de reingeniería es generalmente aplicable a grandes empresas.

B. Metodologías para la reingeniería de procesos de Morrys & Brandon:

La metodología de reingeniería de procesos de Morris & Brand también llamada reingeniería dinámica de negocios, establece un modelo que se inicia definiendo los alcances, objetivos y estrategia, así como también formación de equipos con el objetivo de dar inicio al desarrollo del planteamiento de los nuevos modelos de procesos de reingeniería del proyecto. Asimismo, este modelo de reingeniería es aplicable a todo tipo de empresa, no existiendo ninguna limitación de tamaño de empresa. Asimismo, esta metodología de reingeniería presenta sus ventajas y desventajas

Ventajas:

- Para la aplicación de este modelo de reingeniería, se apoya en la Incorporación de toda el área de la empresa con el propósito de lograr el cambio.
- Aplica herramientas tecnológicas para la innovación de nuevos procesos que ayuden

Desventajas:

- Este tipo de cambio de reingeniería solo aplica a cambios en los procesos de producción y/o servicios, es decir, se mejora los procesos; pero no realiza un cambio radical en el proceso.

Tabla 21: Proceso metodológico de Morrys & Brandon

Etapas	Objetivos
Identificación de procesos posibles	Identificar los procesos actuales en una empresa que podrían ser parte del proyecto de reingeniería.
Análisis inicial de impacto	Analizar el impacto que se tendría sobre el desempeño de la empresa el(los) proceso(s) elegido(s) para aplicar reingeniería.
Definir alcance	Definir el alcance y establecer los beneficios que se esperan del proyecto de reingeniería.
Análisis de procesos actuales	Recopilar y analizar la información de los procesos de trabajos actuales.
Definición de procesos alternos	Definir nuevas alternativas de procesos y representar los posibles flujos.
Evaluar impacto en costos	Evaluar el impacto en costos y beneficios de las alternativas propuestas.
Selección de la mejor alternativa	Seleccionar la mejor alternativa, en base los objetivos del proyecto establecido inicialmente.
Implementación	Implementar las actividades que apoyan a la alternativa seleccionada y establecer la nueva estructura de organización que se definió en el proyecto.
Actualización de información	Actualizar la información de los procesos y actividades que brindan soporte y apoyo al proyecto para cumplir con el desempeño de la empresa.

Fuente: Torres, M., (2014)

C. Metodologías para la reingeniería de procesos del Institute of Industrial Engineers:

Este tipo de metodología se sustenta en las experiencias obtenidas de los otros tipos de metodologías, aplicadas con anterioridad en otras empresas, apoyándose en la recopilación de información y de esta manera poder aplicar la reingeniería según la necesidad de la empresa y los objetivos que persigue y logrando así obtener resultados favorables haciendo cambios radicales. (ver tabla 22)

Tabla 22: Proceso metodológico del Institute of Industrial Engineers:

Etapas	Objetivos
Iniciación del proyecto	Identificar el alcance y escala del proyecto, asimismo, nombrar al líder del proyecto como a su equipo.
Comprensión del proceso	Analizar los procesos actuales e identificar las actividades de transformación y las que le agregar valor al producto final.
Diseño de nuevos procesos	Diseñar nuevos procesos, analizar alternativas y simularlo, asimismo, identificar las áreas en las que se desarrollaran las pruebas piloto.
Transición de negocio	Implementar el nuevo proceso en el área piloto y construir la nueva infraestructura organizacional del proyecto

Fuente: Torres, M., (2014)

2.8.1. Determinación del modelo de la propuesta de mejora

Con la finalidad de poner en marcha la propuesta de mejora con el objetivo de aumentar la productividad y teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías ya anteriormente mencionadas, se presenta un modelo de propuesta de reingeniería de procesos el cual consiste en un tipo de modelo híbrido de las cuatro metodologías de reingeniería de procesos ya antes mencionadas.

El modelo de propuesta se encuentra enfocado a la aplicación de la reingeniería de procesos aplicado a la línea de producción de sulfato de cobre de una pequeña empresa
(Ver figura 43)

Figura 43: Metodología PDRI para la aplicación de la reingeniería de procesos



Fuente: Elaboración propia

El presente proyecto consta de 4 etapas las cuales se mencionan a continuación:

Etapas 1: Preparación

En esta primera etapa se define el alcance del proyecto y se organiza y se delimitan los puntos a seguir.

- Condiciones iniciales de la empresa
- Identificación de procesos
- Determinación de las Fortalezas y oportunidades (análisis FODA)
- Definición de objetivos
- Alcance del proyecto

Etapa 2: Diagnostico

En esta segunda etapa se busca entender la manera de cómo se lleva acabo los procesos de producción y el estado actual de el o los procesos.

- Análisis del proceso
- Situación del proceso
- Propuesta de alternativa de solución

Etapa 3: Rediseño

En esta etapa se plantea el cambio radical del actual proceso y se propone el nuevo proceso a implementar para obtener un producto final.

- Bases de diseño técnico
- Diseño de diagrama de flujo de proceso (PFD)
- Diseño de diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID)
- Balance de materia y energía
- Diseño y distribución de planta
- Elaboración de la Ingeniería de detalle

Etapa 4: Implementación

Es parte del entendimiento del enfoque que está orientado a realizar la conexión de las diferentes actividades que se encuentran pendientes en el proceso de reingeniería de procesos.

2.8.2. Cronograma de actividades del proyecto de investigación

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se procedió a la elaboración del cronograma de actividades. (ver tabla 23)

2.8.3. Cronograma de Ejecución

Para todo proyecto a iniciarse es necesario contar con un cronograma de ejecución, en el cual se establecerán los periodos de desarrollo e implementación de la ingeniería establecida. En el desarrollo del cronograma de ejecución se establecerán los tiempos determinados para cada proceso que involucra el plan de ejecución durante cierto periodo de tiempo ver cronograma de ejecución en tabla 24.

Tabla 23: Cronograma de actividades del desarrollo del proyecto de investigación

ÍTEM	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	AÑO 2018																AÑO 2019																	
		AGO.	SETIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			AGO.	SETIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE		
		S-1	S-2	S- 03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S- 16	S-1	S-2	S- 03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S- 16		
1	Reunión de coordinación y presentación del esquema de proyecto de investigación	X																																	
2	Planteamiento del problema de investigación y su fundamentación teórica		X																																
3	Elaboración de la justificación y objetivos de investigación			X																															
4	Planteamiento del diseño y tipo de investigación				X																														
5	Planteamiento de las hipótesis y variables					X																													
6	Elaboración del diseño metodológico de la investigación						X																												
7	Sustentación de la primera parte del proyecto de investigación							X																											
8	Selección de la población, muestra y muestreo								X																										
9	Elaboración de la técnicas de instrumentos de obtención de datos y validación de juicios de expertos									X																									
10	Elaboración del método de análisis y aspectos administrativos										X																								
11	Revisión del asesor a cargo											X																							
12	Recojo de trabajos revisados												X																						
13	Entrega del trabajo final con las observaciones levantadas y verificación de originalidad													X																					
14	Levantamiento de observaciones														X																				
15	Entrega del trabajo final con las observaciones levantadas y verificación de originalidad															X																			
16	Sustentación del proyecto																X																		
17	Desarrollo de la propuesta de mejora DPI																	X																	
18	Diseño y elaboración del plan de implantación																		X																
19	Revisión del asesor a cargo																			X															
20	Levantamiento de observaciones																				X														
21	Toma de datos después de la implementación																					X													
22	Desarrollo del análisis inferencial																						X												
23	Desarrollo de la contrastación de las hipótesis																							X											
24	Entrega del trabajo final con las observaciones levantadas y verificación de originalidad																								X										
25	Primera jornada de sustentación DPI																									X									
26	Revisión del asesor a cargo																										X								
27	Levantamiento de observaciones																											X							
28	Revisión del asesor a cargo																												X						
29	Levantamiento de observaciones																													X					
30	Entrega del trabajo final con las observaciones levantadas y verificación de originalidad																													X					
31	Sustentación del proyecto																														X				
32	Tesis concluida																															X			

fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Cronograma de implementación del proyecto

[illegible]

fuente: Elaboración propia

2.8.4. Recursos y Presupuestos

Recursos

Para el presente desarrollo de investigación es necesario contar con recursos personales tanto financieros como material, es por ello que se cuenta como recursos a los materiales que serán necesario para el desarrollo del proyecto. (ver tabla 25)

Para realizar la presente investigación, será necesario analizar los siguientes costos:

Tabla 25: Tabla de presupuesto personal

DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Pasaje (24 visitas a la planta de producción de sulfato)	S/ 12.00	S/ 288.0
Fluxómetro o wincha	S/ 20.00	S/ 20.0
Cronómetro	S/ 30.00	S/ 30.0
Impresiones	S/ 45.0	S/ 45.0
Fotocopias de información de planos (25 hojas)	S/ 15.0	S/ 15.0
1 cuaderno para realizar apuntes	S/ 10.0	S/ 10.0
4 lapiceros de colores tinta liquida	S/ 6.0	S/ 24.0
Refrigerio	S/ 10.00	S/ 240
TOTAL	S/ 148	S/ 672

Fuente: Elaboración propia

Dentro del desarrollo del proyecto de investigación se serializó un presupuesto económico financiero personal para la etapa de la investigación con ello observaremos los costos que ello implicaría en el desarrollo del presente proyecto.

Como el resultado del análisis financiero es acorde a nuestro presupuesto, se concluye que si se puede cubrir todos los recursos; por lo tanto, la implementación es factible.

2.8.5. Financiamiento

Para el desarrollo del presente proyecto investigación se contará con el capital económico de una tercera empresa. Esta empresa aportará con el financiamiento económico para las etapas del desarrollo y las etapas de la implementación o construcción del presente proyecto de investigación. Asimismo, en la tabla 26 se muestra el estimado de inversión del costo de la implementación de la reingeniería para el nuevo proceso de producción de sulfato de cobre.

Tabla 26: Tabla de estimado de inversión

Proyecto:		"Implementación de nuevo proceso de producción de sulfato de sulfato de cobre pentahidratado"	Fecha:		15/08/2018
RE-0001			Hoja:		1
Revisión: 0			De:		1
ESTIMADO DE INVERSIÓN					
PRESUPUESTO TOTAL					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN				COSTO US\$
1	Gestión del proyecto				US\$ 3,571.54
1.1	Declaración de alcance inicial y WBS				
1.2	Informes de avances				2,000.00
1.3	Estimado de inversión				571.54
1.4	Plan detallado de gestión del proyecto				
1.5	Libro y cierre del proyecto				1,000.00
2	Ingeniería				US\$ 116,570.53
2.1	Ingeniería Básica (incluye costos de impresión)				18,500.00
2.2	Ingeniería de Detalle (incluye costos de impresión)				95,753.00
2.2	Planos As Built (incluye costos de impresión)				2,317.53
3	Procura				US\$ 721,300.00
3.1	Equipos Mecánicos				683,500.00
3.3	EIA				37,800.00
4	Licencias y Autorizaciones				-
4.1	Licencia de obra				-
4.2	Conformidad al proyecto - OSINERGMIN				-
4.3	Autorización de Uso y Funcionamiento - MEM				-
5	Compras y Contrataciones				US\$ 60,964.85
5.1	Materiales				
5.1.1	Materiales Metalmeccanicos				60964.85
5.1.2	Materiales Electricos - Instrumentación				
5.1.4	Evaluación Técnica de Ofertas				
5.1.5	Inspección y Recepción de Materiales				
5.2	Contratos				
5.2.1	Elaboración del PCP				
5.2.2	Evaluación técnica de las ofertas				
6	Construcción				US\$ 61,693.73
6.1	Construcción				
6.1.1	Obras Metal - Mecánicas				31893.23
6.1.2	Obras Eléctricas - Instrumentación				22300.50
6.1.3	Obras Civiles				7500.00
7	Comisionado y PEM				US\$ 8,000.00
7.1	Apoyo de especialistas de Ingeniería en la etapa de Pre comisionado				8000.00
7.2	Programa y cronograma				-
7.3	Procedimiento				-
COSTO TOTAL DEL PROYECTO:					US\$ 972,100.65

Fuente: Elaboración propia

2.8.6. Desarrollo del Modelo de la propuesta de mejora

El modelo de propuesta se encuentra enfocado a la aplicación metodológica de la reingeniería de procesos. Aplicado a la línea de producción de sulfato de cobre de una mediana empresa. Con finalidad mejorar la productividad implementándola por etapas:

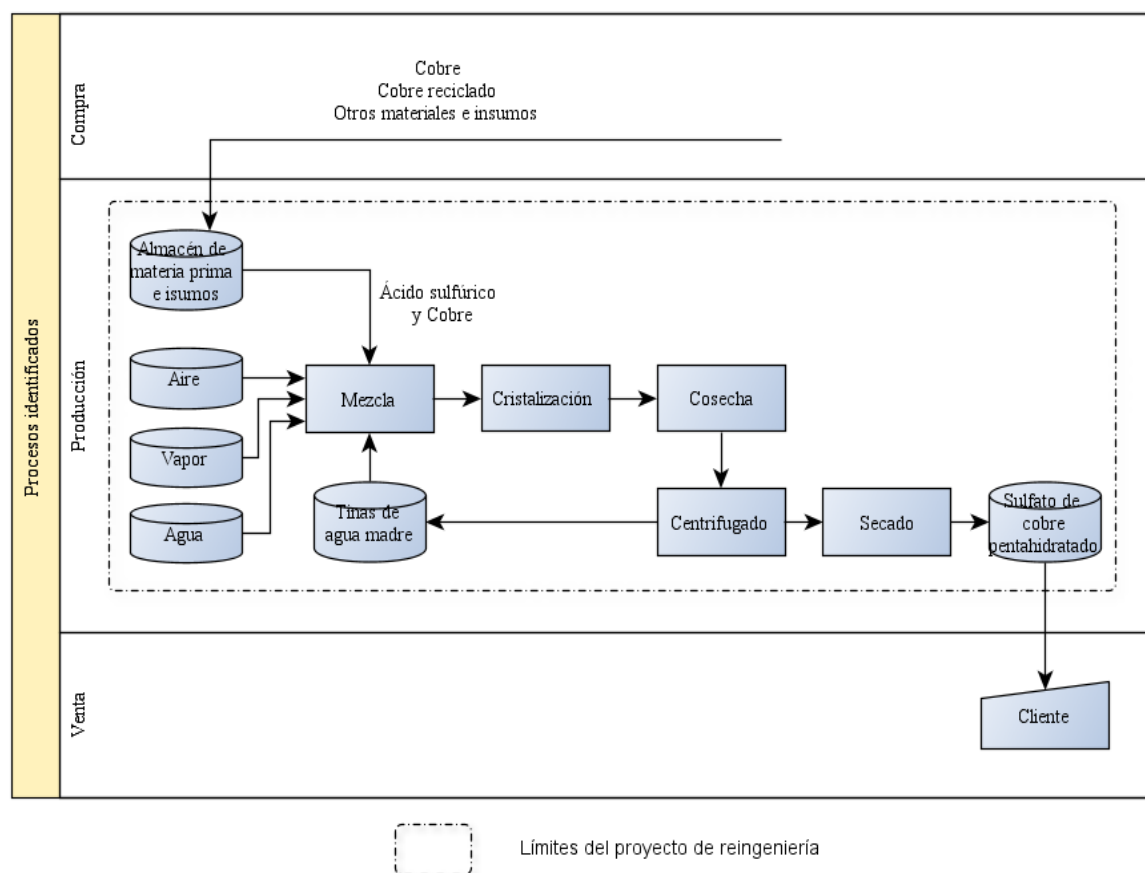
Metas del proceso de reingeniería

- Aumentar considerablemente la producción de sulfato de cobre.
- Cambiar la materia prima para la producción de sulfato de cobre, conjuntamente a un nuevo proceso productivo.
- Mejorar las condiciones de trabajo para el trabajador, máquinas y equipos.

Alcance del proyecto de reingeniería

El proyecto de reingeniería estará enfocado en el proceso productivo, mas no en los procesos administrativos de compra o venta. Se espera que los resultados de la reingeniería de la producción orienten las mejoras de los procesos de compra y venta. A continuación, se presentan los límites del proyecto de reingeniería, ver figura 44.

Figura 44: Alcance del proyecto de la aplicación de la reingeniería de procesos



Fuente: Elaboración propia

2.8.6.1. Etapa 1: Preparación

Condiciones iniciales de la empresa

En esta primera etapa de la reingeniería de procesos, se procedió a establecer una reunión con el dueño de la empresa para poder determinar el estado y situación en que se encuentra. En esta etapa se analizó un alto índice de baja productividad en relación a la producción del sulfato de cobre, originando la interrogante ¿Cuál es la causa de la baja productividad de la empresa? y ¿De qué manera podemos mejorar?

Con ello se procedió hacer el análisis de las causas que llevan a la baja productividad. Ver parte I: figura 5 diagrama Ishicawa, tabla 2 matriz relacional, figura 6 diagrama de Pareto y figura 7 matriz priorización. Con ello pudimos determinar que la causa principal de la baja productividad es la escasez de la materia prima y su alto costo en el mercado con una prioridad de 57.14 %, ver tabla 27 cuadro de precio de venta de la chatarra de cobre.

Además, como parte del plan estratégico para aumentar la productividad del sulfato de cobre se acordó que la empresa QUIMTIA PERÚ asumiría el costo total de todos los gastos de la implementación y la empresa productora de sulfato de cobre le vendería solo a ella toda su producción.

Ver cuadro de análisis de precios de la chatarra de cobre en tabla 27

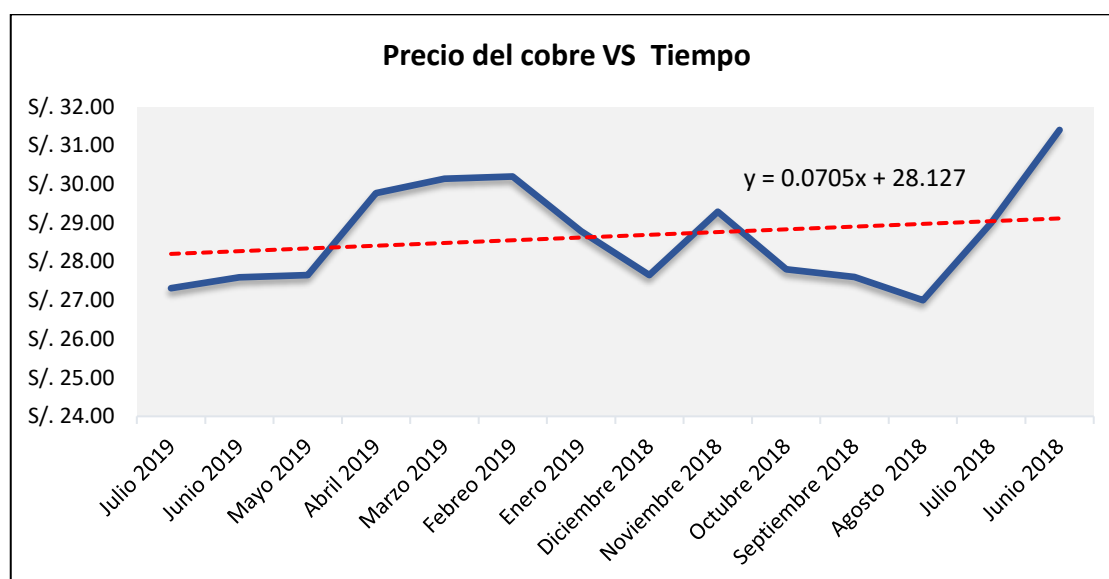
Tabla 27: Análisis de los precios de la chatarra de cobre como materia prima

Periodo	Precio medio internacional de cobre por kilo	Precio de la chatarra de cobre aproximado
Julio 2019	19.37 PEN/kilo	9.68 a 27.31 PEN/kilo
Junio 2019	19.57 PEN/kilo	9.78 a 27.59 PEN/kilo
Mayo 2019	19.61 PEN/kilo	9.80 a 27.65 PEN/kilo
Abril 2019	21.12 PEN/kilo	10.56 a 29.77 PEN/kilo
Marzo 2019	21.38 PEN/kilo	10.69 a 30.14 PEN/kilo
Febrero 2019	21.41 PEN/kilo	10.7 a 30.20 PEN/kilo
Enero 2019	20.41 PEN/kilo	10.2 a 28.78 PEN/kilo
Diciembre 2018	19.61 PEN/kilo	9.8 a 27.65 PEN/kilo
Noviembre 2018	20.60 PEN/kilo	10.3 a 29.29 PEN/kilo
Octubre 2018	19.62 PEN/kilo	9.8 a 27.8 PEN/kilo
Septiembre 2018	19.44 PEN/kilo	9.7 a 27.6 PEN/kilo
Agosto 2018	19.00 PEN/kilo	9.5 a 27 PEN/kilo
Julio 2018	20.40 PEN/kilo	10.20 a 29 PEN/kilo
Junio 2018	22.10 PEN/kilo	11.05 a 31.4 PEN/kilo

Fuente: <https://www.preciocobre.com/precio-del-cobre-en-peru-por-kilo-y-chatarra/>

Según el análisis del precio promedio de la chatarra de cobre es de S/. 29 soles. Asimismo, tienen fluctuaciones en el tiempo en relación al precio siendo este inestable, pero con una tendencia al alza de los precios del metal. Ver figura 44: Grafica precio VS tiempo

Figura 45: Análisis de precio del cobre vs tiempo antes



Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de producción**

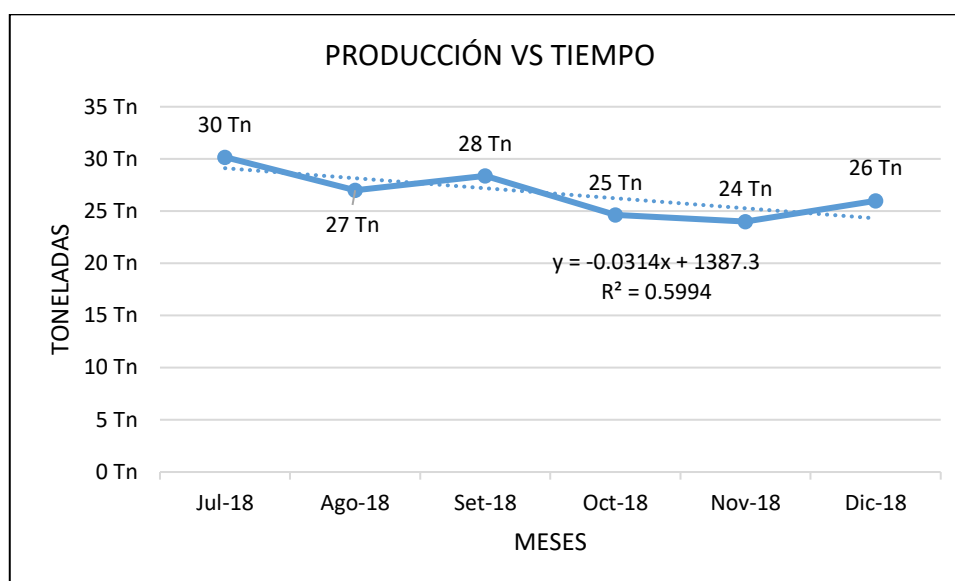
Siguiendo el proceso del análisis de la empresa, se procedió a hacer un análisis de producción en los últimos 6 meses.

Tabla 28: producción mensual de julio a diciembre antes

Mes	Periodo	Precio S/.	Producción (Tn)
jul-18	1	S/. 27.31	30 Tn
ago-18	2	S/. 27.59	27 Tn
sep-18	3	S/. 27.65	28 Tn
oct-18	4	S/. 29.77	25 Tn
nov-18	5	S/. 30.14	24 Tn
dic-18	6	S/. 30.20	26 Tn

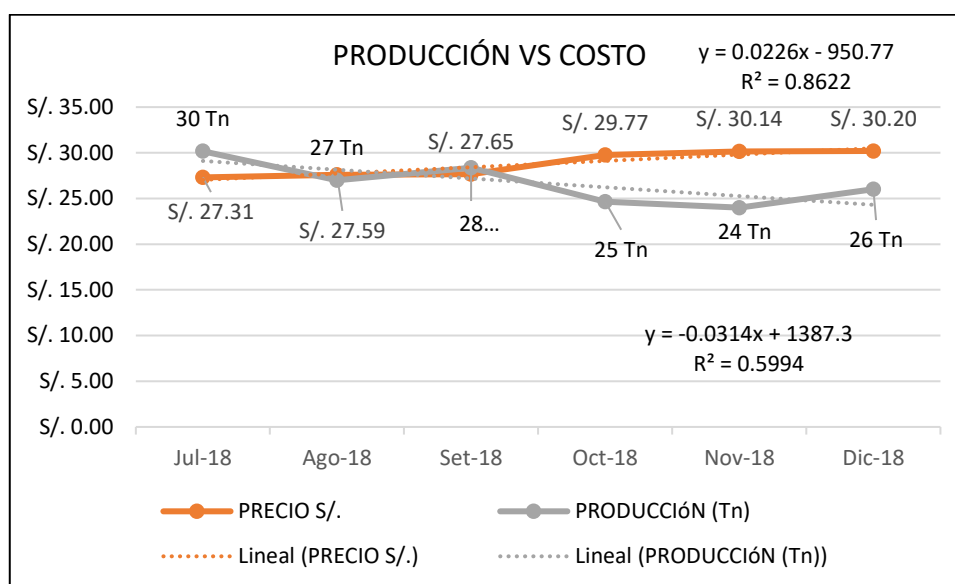
Fuente: Elaboración propia

Figura 46: Análisis de producción en el tiempo antes



Fuente: Elaboración propia

Figura 47: Análisis de producción vs Costo del cobre



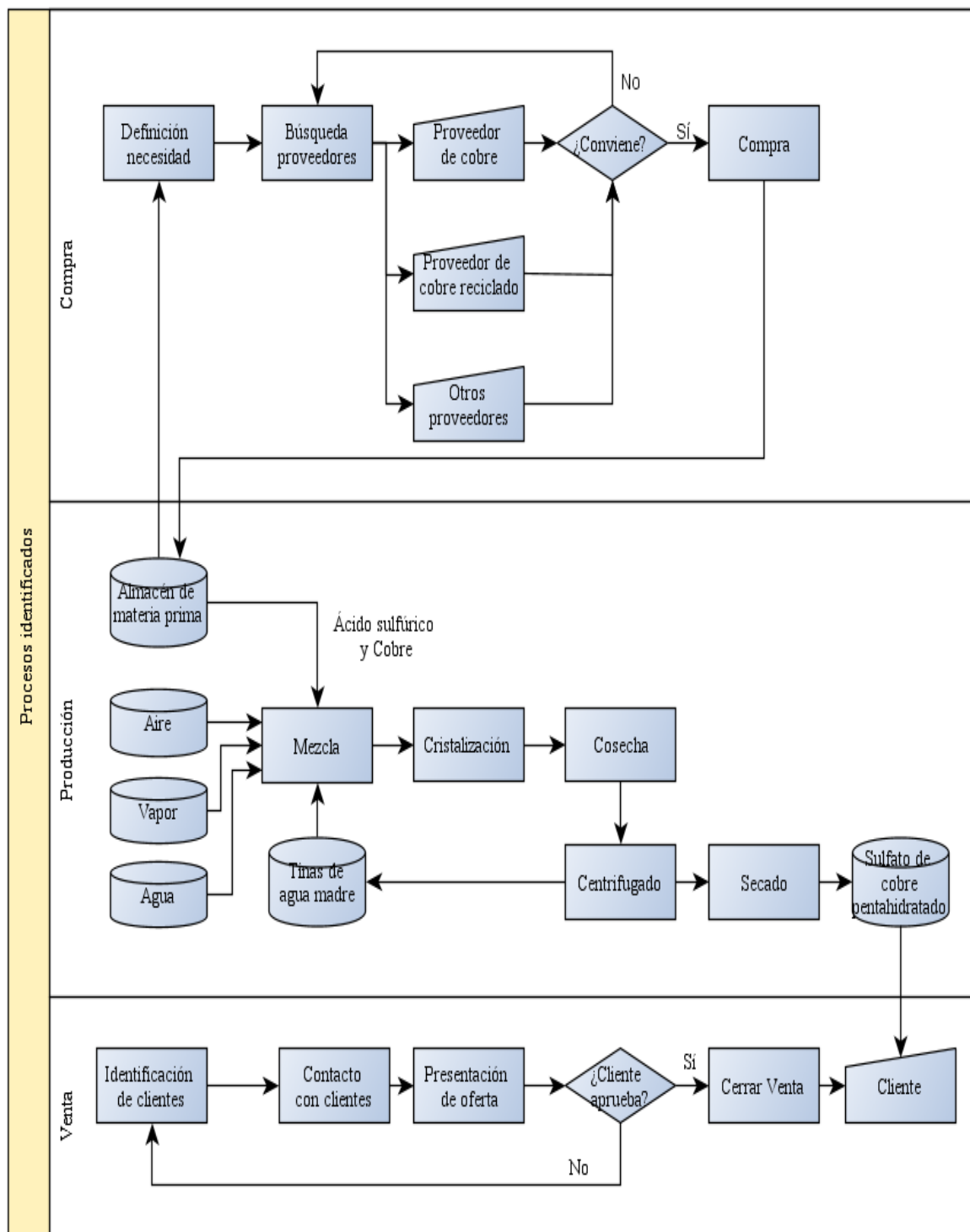
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de los gráficos anteriores se visualiza que cuando existe un alza del precio del cobre por kilogramo; la producción tiende a bajar

- **Identificación de procesos**

La empresa dedicada a la producción industrial de sulfato de cobre cuenta con los siguientes procesos. (ver figura 48)

Figura 48: Cuadro de procesos identificados

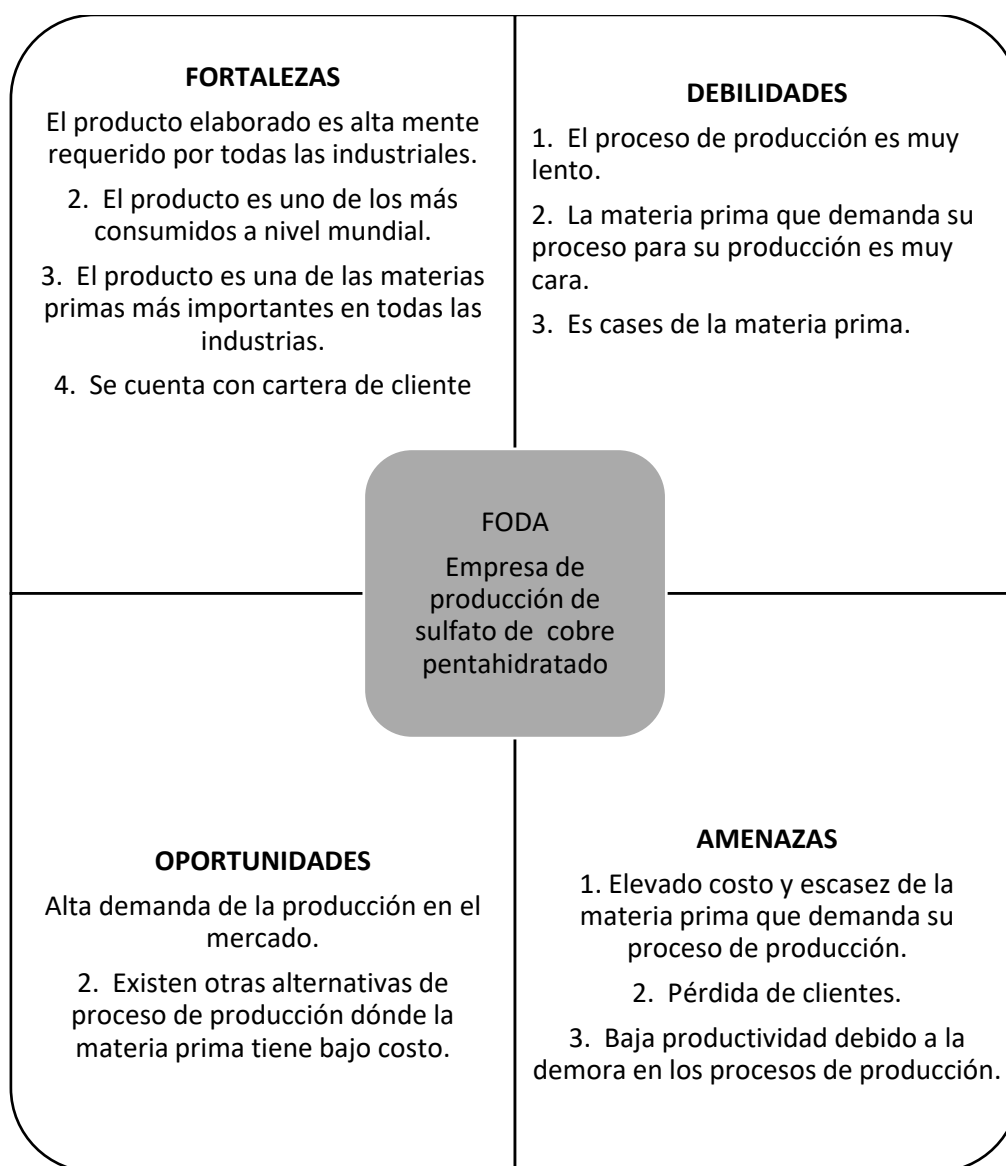


Fuente: Elaboración propia

- **Determinación de las Fortalezas y oportunidades (análisis FODA)**

Con la aplicación de esta herramienta conoceremos de manera general el estado situacional de la empresa dando a conocer sus fortalezas, los objetivos, las debilidades y las oportunidades que tendría. Con la finalidad de alcanzar el crecimiento empresarial ver la matriz FODA en tabla 29

Tabla 29: Matriz FODA



Fuente: Elaboración propia

Una vez de haber realizado la matriz FODA, se procedió a realizar el análisis de la matriz
Ver análisis en tabla 30

Tabla 30: Cuadro de análisis de la matriz FODA

FODA	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El producto elaborado es alta mente requerido por todas las industriales. 2. El producto es uno de los más consumidos a nivel mundial. 3. El producto es una de las materias primas más importantes en todas las industrias. 4. Se cuenta con cartera de cliente 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El proceso de producción es muy lento. 2. La materia prima que demanda su proceso para su producción es muy cara. 3. Es cases de la materia prima.
	OPORTUNIDADES	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alta demanda de la producción en el mercado. 2. Existen otras alternativas de proceso de producción dónde la materia prima tiene bajo costo. 	<p>O1F1 debido al alto índice de la demanda del producto se requiere proponer un aumento considerable en la producción.</p> <p>O2F2 Debido a otras alternativas de producción se y a la demanda del producto se buscara mejorar o cambiar el proceso</p>
AMENAZAS		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevado costo y escasez de la materia prima que demanda su proceso de producción. 2. Pérdida de clientes. 3. Baja productividad debido a la demora en los procesos de producción. 	<p>A2F1 Debido a la alta demanda de su uso en todas las aplicaciones industriales existe gran potencial de empresas que demandan su consumo</p> <p>A4F4 Se cuenta con clientes de pequeñas industrias fieles</p>	<p>A1D1 Se propone buscar otras alternativas de materia prima</p> <p>A3D2 Se propone aplicar la reingeniería de procesos para mejorar la productividad</p>

Fuente: Elaboración propia

- Definición de objetivos

De acuerdo al análisis de la matriz FODA encontramos puntos débiles que debemos de atacar con suma urgencia, ya que representan un peligro para la empresa, dicho esto procederemos a mencionar una lista de objetivos.

1. Ayudar a mejorar el bajo índice de productividad.
2. Incrementar la producción para cubrir la demanda del producto.
3. Proponer alternativas de materias prima de buena calidad a bajo costo.
4. Mejorar los procesos de producción.

2.8.6.2. Etapa 2: Diagnóstico

En esta segunda etapa se busca entender la manera de cómo se lleva a cabo los procesos de producción y el estado actual de los procesos.

Análisis y situación del proceso

Tipo de proceso

En la empresa se tienen dos tipos de procesos: los procesos logísticos que abarca las ventas y las compra y los procesos industriales que abarca todo el proceso de la cadena de transformación de la materia prima. Es en este último proceso en el cual nos enfocaremos para determinar su análisis de producción.

La empresa dedicada a la producción de sulfato de cobre, utiliza como forma de producción el tipo de proceso batch (o producción por lotes) este tipo de proceso es un proceso que toma más tiempo en la transformación de la materia prima.

Asimismo, el proceso de producción de la transformación de los cristales de cobre es por un tipo de cristalización en frío, es decir, la producción de la formación (o nucleación) de cristales y el crecimiento de los mismos se da en un medio de solución sobresaturada a condiciones normales de presión y temperatura a 1ATM y 20 a 30C° Celsius.

Conclusión del actual proceso

Debido al tipo de proceso el cual es por sistema abierto lotes. La producción se hace más lenta, ya que se hacen por etapas. Esto lleva a generar muchas veces tiempos muertos en la producción.

La demora y el alto costo de la materia prima hace que los procesos sean muy lentos

Propuesta de alternativa de solución

Se recomienda cambiar la forma de producción a un sistema de producción semicontinuo, ya que esto ayudaría a minimizar los tiempos en cada etapa del proceso productivo de la transformación de la materia prima. Además, también se recomienda utilizar otras formas de materia prima como el cemento de cobre el cual tiene costos más bajos y el cual representa un 65% – 75 % del costo de la producción de cobre metal producido por el sector minero, esta estimación es de acuerdo al London Metal Exchange (LME) y comparado con la chatarra

de cobre el cual es de un 82%-95% de acuerdo al London Metal Exchange (LME) con chatarra.

Figura 49: Precio del metal cobre por tonelada según LME



Fuente: LME

2.8.6.3. Etapa 3: Rediseño

En esta etapa del proyecto diseñaremos el nuevo proceso de reingeniería que se utilizará para la nueva forma de producción del sulfato de cobre pentahidratado utilizando como propuesta de alternativa de materia prima al cemento de cobre, el cual es un subproducto de otro proceso.

Bases de diseño técnico

Características de la materia prima

Cemento de cobre

La materia prima el cual se propone utilizar para el nuevo proceso de producción de sulfato de cobre es el cemento de cobre tipo A y tipo B

Cemento de cobre TIPO “A “

El cemento de cobre de tipo “A” es el resultado de la generación de sulfato de zinc la cual es producida por las empresas metalúrgicas como NEXA resources (refinería cajamarquilla) El sub producto generado después de la producción de sulfato de zinc es el llamado cemento de cobre en el cual se encuentran: Zn, Cu, Fe, As, Ni, Co, Sb, Cd, Pb y de las cuales nos interesa extraer el Cu para la producción de sulfato de cobre pentahidratado. Ver tabla de concentración de minerales (ver tabla 31).

Tabla 31: Análisis químico del cemento de cobre tipo A

Cemento de cobre Tipo A	ANÁLISIS QUÍMICO% DEL CEMENTO DE COBRE TIPO A							
	Cu	Fe	Zn	Pb	As	Cd	Ni	Co
NEXA RESOURCES CAJAMARQUILLA	42.890	0.169	34.990	0.698	0.020	3.061	0.0297	0.025

Fuente: (QUIMTIA) Elaboración propia

Cemento de cobre TIPO “B”

Al igual que el cemento de cobre tipo “A” el cemento de cobre tipo “B” es el resultado de otros procesos de químicos producción con la diferencia que los cementos de cobre tipo “B” contienen alta concentración de cobre propiamente dicho y a su vez alto contenidos de hierro por ser un mineral ferro químico. (ver tabla 32)

Tabla 32: Análisis químico del cemento de cobre tipo B

Cemento de cobre Tipo B	ANÁLISIS QUÍMICO% DEL CEMENTO DE COBRE TIPO B							
	Cu	Fe	Zn	Pb	As	Cd	Ni	Co
NEXA RESOURCES CAJAMARQUILLA	42.210	0.591	31.894	3.398	0.016	7.894	0.897	0.687

Fuente: (QUIMTIA) Elaboración propia

Diagrama de Entrada - Salida

Para la elaboración del nuevo proceso de producción de sulfato de cobre se elaboró el sistema de diagramas de entradas y salidas que resume el ingreso de la materia prima y el producto final obtenido (ver figura 50)

Diagrama de Flujo de Bloques (BFD)

El diagrama de flujo de bloques elaborado muestra en términos generales las áreas de proceso por las que pasa la materia prima para su respectiva transformación. (ver figura 51)

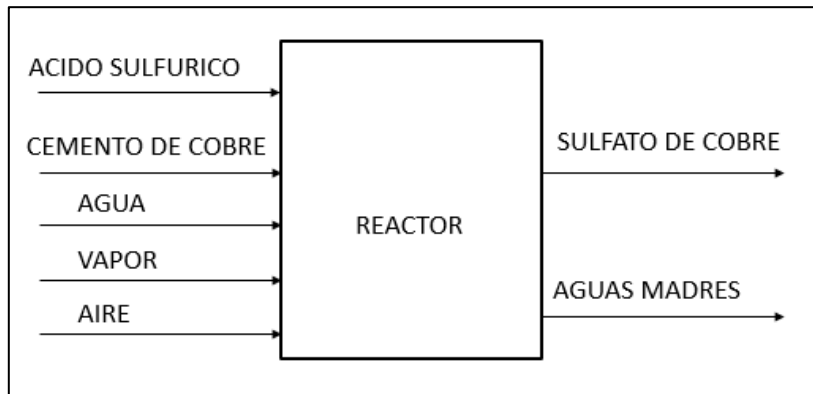
Diagrama de Flujo de Proceso (PFD)

En el diagrama de flujos de proceso mencionamos los diferentes flujos y áreas que se tienen para la transformación del cemento de cobre en sulfato de cobre como producto final (ver figura 52).

Diagrama de Tuberías e Instrumentos (P&ID)

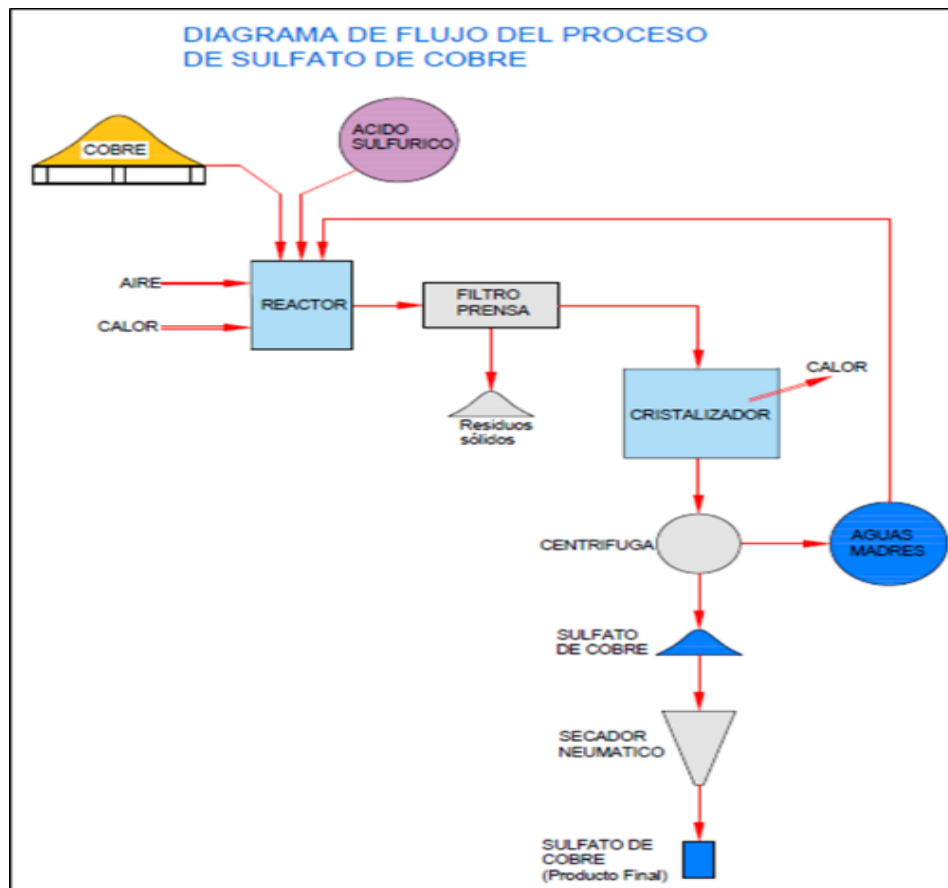
En el diagrama de proceso de tuberías e instrumentación es el diagrama más detallado en el cual se muestran todas las líneas de procesos, equipos, válvulas, etc. Este tipo de diagrama es el más detallado y sirve para obtener una lectura de todo el proceso de producción de planta como el proceso de recepción de la materia prima, el proceso de lixiviación, recuperación de cobre, producción de sulfato de cobre, etc. (ver figura 53).

Figura 50: Diagrama de entras y salidas después de la implementación



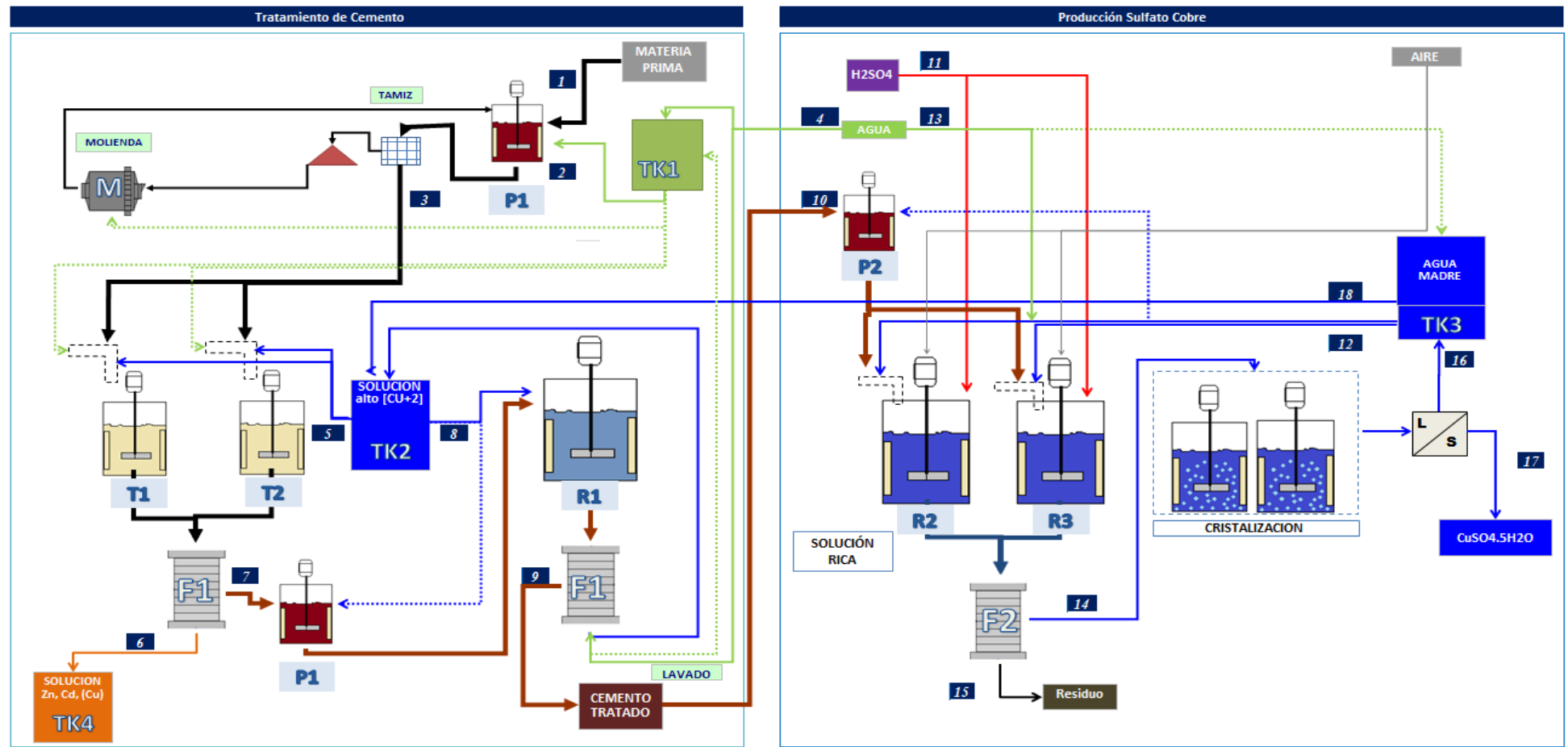
Fuente: Elaboración propia

Figura 51: Diagrama de flujo de bloques después de la implementación



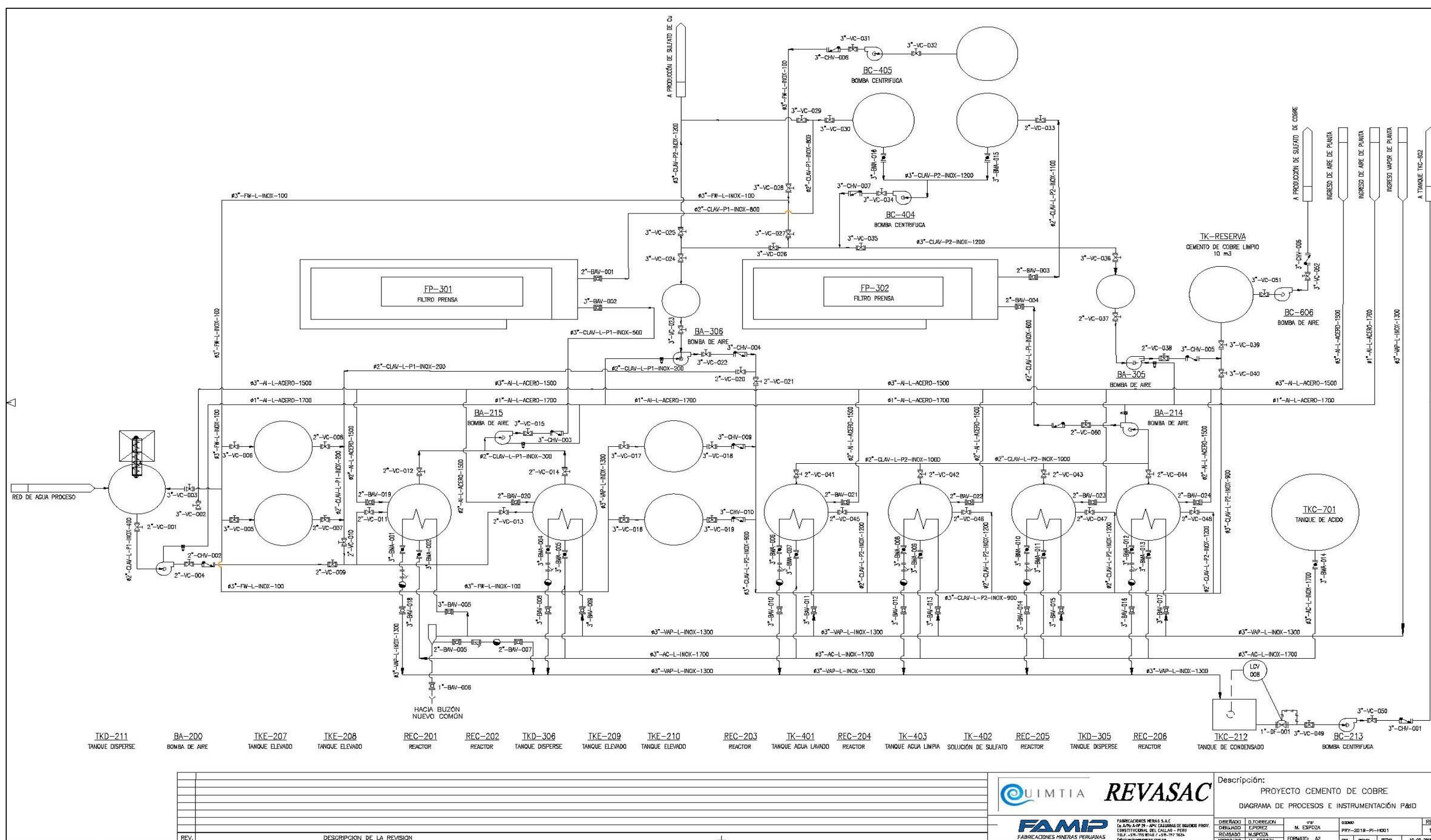
Fuente: Elaboración propia

Figura 52: Diseño de diagrama de flujo de Proceso (PFD)



Fuente: Elaboración propia

Figura 53: Diagrama de Tuberías e Instrumentos (P&ID)



Fuente: Elaboración propia

DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

El diseño y distribución de planta del presente proyecto cumple la finalidad de producir cristales de sulfato de cobre pentahidratado. El diseño de planta propuesto tiene la capacidad máxima de producción de 400 toneles por mes de sulfato de cobre pentahidratado.

Descripción de los procesos de producción del sulfato de cobre con cemento de cobre como materia prima

- **Proceso de recepción y preparación de carga**

El proceso de la producción de sulfato de cobre comienza con la recepción de la materia prima el cual es el cemento de cobre; la materia prima es decepcionada en sacos de 1 tonelada, para luego ser transportado al área de proceso en dónde se descarga la materia prima en una tolva de recepción de materia prima para dar inicio al proceso de producción de sulfato de cobre.

- **Proceso de transformación en el área de lixiviación y filtración**

La materia prima la cual es el cemento de cobre se vierte en los tanques de lixiviación llamado tanques de lavado de cemento de cobre con el propósito de alcanzar niveles de Fe, Cd, y Zn de 0.01%. La solución obtenida es derivada al filtro prensa número uno donde se obtiene una pasta la cual es llamado torta. Esta torta es transportada al tanque disperse para su proceso de licuado. No obstante, el líquido obtenido del proceso de filtración con el filtro prensa numero 1 es almacenado en unos contenedores de cobre fierro (TK CuFe).

- **Proceso de transformación en área de cementación del cobre**

La solución líquida obtenida del anterior proceso la cual se encuentra almacenada en los tanques de (TK CuFe) es transportada mediante un sistema de líneas de tuberías a un equipo llamado cementador rotativo, el cual se encarga de la recuperación y/o extracción de cobre con el proceso de cementación con hierro. Luego del proceso de cementación hierro se obtienen dos productos los cuales son la masa de cobre el cual es derivado al proceso de lixiviación y el otro subproducto es el agua ferrosa el cual es almacenado en los tanques de agua ferrosa.

- **Proceso químico y físico de la materia en el área de producción – (reacción y filtración)**

Luego de los procesos de tratamientos del cemento de cobre, el cemento de cobre propiamente dicho los cuales provienen del tanque disperse, la cual se encuentra en forma de una masa sólida llamada barro, este producto es depositado en los reactores en donde se le añadirá otros productos como ácido sulfúrico H_2SO_4 , aire y vapor de agua sobresaturado para comenzar el proceso de reacción química los reactores tienen dos ingresos de aire en la parte de la causa (tipo flautas) por donde se inyectará el aire, así el calor proporcionado es mediante el proceso de transferencia de calor para el cual se utiliza el vapor de agua que es suministrado mediante un serpentín de calentamiento el cual se encuentra aproximadamente en la parte media baja del reactor. No obstante, la solución obtenida es el sulfato de cobre con residuos de cemento de cobre. Este producto es derivado al filtro prensa nuevo dos para la eliminación de los residuos sólidos. La solución líquida obtenida después del proceso de filtración es el sulfato líquido la cual es derivado al área de cristalización mediante un sistema de líneas de tuberías.

- **Proceso físico de producción de cristales de sulfato de cobre en el área de cristalización**

Para el proceso de formación de cristales de cobre es necesario transportar la solución líquida de sulfato de cobre en unos cristalizadores en donde se forman cristales de cobre a condiciones normales de presión y temperatura, pero para una mejor producción de sulfato de cobre es necesario alcanzar una temperatura de $30^{\circ} C$, las cuales se obtienen mediante el proceso de enfriamiento y métodos de agitación homogénea. Los cristales producidos son cosechados, centrifugados secados y centrifugados para luego pasar al proceso de pesado, embolsado, empaquetado y almacenado. La solución líquida saturada (aguas madres) que no llegó a formar cristales es almacenado en los tanques de aguas madres los cuales retornarán al proceso de producción de sulfato de cobre.

- **Proceso de retroalimentación de efluentes (aguas madres) y tratamiento de hierro**

Dentro del proceso de la producción de sulfato de cobre, se producen efluentes los cuales son llamados aguas madres. Estas aguas madres contienen cierto grado de porcentaje de sulfato de cobre que no se logró cristalizar (la cual es una solución rica). Las aguas madres

generadas durante el proceso son almacenadas en tanques de aguas madres para su posterior retroalimentación al ciclo de producción de sulfatos de cobre en el reactor de control de tratamiento de hierro con la finalidad de lograr controlar el índice de porcentaje de hierro con el proceso de precipitación. Asimismo, se le añade insumos químicos caliza y peróxido para el control y/o tratamiento del hierro generado. La materia prima resultante es transportada al filtro prensa número tres en el cual se elimina cualquier residuo. El líquido resultante es una solución rica en sulfato de cobre la cual también es llamada agua madre y es derivado área de rectores de producción de sulfato de cobre.

- **Proceso de tratamiento de efluentes**

Durante el proceso de producción de sulfato de cobre se generan efluentes. Estos efluentes son el agua ácida ferrosa con alta concentración de zinc. Este efluente es evacuado por terceros hacia otra planta de producción de sulfato de zinc. El proceso de tratamiento, evacuación y producción de sulfato de zinc se encuentra fuera del alcance del presente desarrollo de investigación.

Diseño de planta por proceso o por función

Para el nuevo sistema de producción de sulfato de cobre, se planteará el diseño de planta por proceso, debido a que existirán etapas distintas para cada fase y/o etapa de la transformación de la materia prima, para ello a cada etapa se le designará un área con su respectivo nombre de proceso. No obstante, para dar comienzo al diseño de planta por proceso primero se tiene que hacer una lista de equipos que intervendrán en el nuevo proceso de producción de sulfato de cobre. Asimismo, con las dimensiones de la lista de equipos se procederá a la realización del cálculo de las áreas para cada máquina y equipo de cada área de proceso con el método de Guerchet.

Lista de equipos que intervienen en el proceso

Cumpliendo con el plan estratégico de producción entre las empresas REVASA y QUIMTA, la empresa Quimtía se encargará de suministrar todos los equipos y materiales que se necesitan para la implementación del nuevo proceso de producción de sulfato de cobre. (ver tabla 33)

Tabla 33: Lista de equipos y dimensiones

ÍTEM	PROCESO	MAQUINARIAS Y EQUIPOS	TAG	DIMENSIONES			
				DIA	L	A	H
1	PRIMER PROCESO DE LAVADO DEL CEMENTO DE COBRE	Tanque de agua de proceso	TK 103	3			4.1
2		Tanque de almacenamiento de 1er y 2do lavado	TK 102	3	0	0	4.1
3		Bomba de agua de proceso	BC 001	0	1	0.5	0.6
4		Tanque de almacenamiento de 1er y 2do lavado	TK 101	3	0	0	4.1
5		Filtro prensa primer lavado	FP-101	0	8.4	1.85	1.8
6		Tanque elevado - primer lavado	TK- ELEV-101	2.08	0	0	2.3
7		Tanque elevado - primer lavado	TK- ELEV-102	2.08	0	0	2.3
8		Tanque elevado - primer lavado	TK- ELEV-103	2.08	0	0	2.3
9		Tanque elevado - primer lavado	TK- ELEV-104	2.08	0	0	2.3
10		Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-201	2.2	0	0	2.95
11		Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-202	2.2	0	0	2.95
12		Tanque disperse - primer lavado	TK- DISP-103	1.3	0	0	1.7
13		Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-101	2.2	0	0	2.95
14		Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-102	2.2	0	0	2.95
15	SEGUNDO PROCESO DE LAVADO DEL CEMENTO DE COBRE	Filtro prensa proceso -segundo lavado	FP-102	0	8.4	1.85	1.8
16		Tanque disperse - segundo lavado	TK- DISP-101	1.3	0	0	1.7
17		Bomba neumática - segundo lavado	BN-003	0	0.5	0.3	0.8
18		Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-203	2.2	0	0	2.95
19		Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-204	2.2	0	0	2.95
20		Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-205	2.2	0	0	2.95
21		Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-206	2.2	0	0	2.95
22		Tanque disperse - segundo lavado	TK- DISP-102	1.3	0	0	1.7
23		Bomba de control de proceso de lavado	BC -002	0	1	0.5	0.6
24		Filtro prensa 03	FP-103	0	0	0	
25		Tanque de suministro de ácido sulfúrico	TK-ACI-101	3.3	0	0	4.5
26	SUMINISTRO DE ENERGIA	Bomba neumática - suministro de aire	BN-001	0	0.5	0.3	0.8
27		Bomba neumática - suministro de aire	BN-002	0	0.5	0.3	0.8
28		Bomba neumática - suministro de aire	BN-003	0	0.5	0.3	0.8
29		Bomba neumática - suministro de aire	BN-004	0	0.5	0.3	0.8
30		Bomba neumática - suministro de aire	BN-005	0	0.5	0.3	0.8
31		Blower	BLW-001	0	1.15	1.07	1.25
32		Blower	BLW-002	0	1.15	1.07	1.25
33		Blower	BLW-003	0	1.15	1.07	1.25
34		Caldero para suministro de vapor	CAV-001	0	6	2.7	3.26
35		Manifold para suministro de vapor	MAV-001	0	2.48	0.61	1.6
36		Tanque de retorno de condensado	TK-COND-002	1	0	0	1.5
37		Tanque de almacenamiento de condensado	TK-COND-001	0	2.78	1.44	3.35

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación del espacio requerido de las máquinas para el nuevo proceso de producción**

Con el propósito de determinar el espacio que se requiere para las maquinarias que se utilizarán para el nuevo proceso de producción de sulfato de cobre, utilizaremos el método de Guerchet el cual se encarga de determinar y evaluar los espacios requeridos según Díaz, Jarufe y Noriega (2007).

- **Identificación de las maquinarias y equipos**

Con el propósito de determinar el área requerida para el nuevo diseño de proceso de producción de sulfato de cobre pentahidratado se identificó el número de maquinarias que intervendrán en el nuevo proceso productivo. Así como el espacio mínimo necesario para el almacenamiento de la materia prima y el producto final terminado (Ver Tabla N°35)

- **Cálculo del Método Guerchet**

Identificado el número de maquinarias y equipos que se tienen en cuenta para el nuevo diseño de proceso productivo, se procedió a calcular los espacios mínimos necesarios con el método de Guerchet, en el cual se está considerando para el nuevo diseño de planta a 7 operarios por turno. (ver tabla 34)

Tabla 34: Cálculo usado en el método Guerchet

Símbolo	Fórmula	Descripción
N	N	Número de lados por donde puede utilizarse de la máquina, equipo o mueble
n	n	Número de elementos móviles o estáticos de un tipo
Ss	Largo x ancho	Superficie estática
Sg	$Ss \times N$	Superficie de gravitación
Se	$k(Ss+Sg)$	Superficie de evolución
St	$n(Ss+Sg+Se)$	Superficie total
K	0,005 a 0,15	Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Calculo de las áreas del nuevo diseño de proceso de sulfato de cobre

FORMATO PARA CALCULAR EL MÉTODO DE GUERCH													
MAQUINARIAS Y EQUIPOS	TAG	DIAM.	L	A	H	N	n	Ss	Sg	Se	ST	Ss x n	Ss x n x h
Tanque de agua de proceso	TK-103	3	0	0	4.1	2	1	3	6	1.35	10.35	3	12.3
Tanque de almacenamiento de 1er y 2do lavado	TK-102	3	0	0	4.1	2	1	3	6	1.35	10.35	3	12.3
Bomba de agua de proceso	BC-001	0	1	0.5	0.6	1	1	0.5	0.5	0.15	1.15	0.5	0.3
Tanque de almacenamiento de 1er y 2do lavado	TK-101	3	0	0	4.1	2	1	3	6	1.35	10.35	3	12.3
Filtro prensa primer lavado	FP-101	0	8.4	1.85	1.8	3	1	15.54	46.62	9.324	71.484	15.54	27.972
Tanque elevado - primer lavado	TK-ELEV-101	2.08	0	0	2.3	2	1	2.08	4.16	0.936	7.176	2.08	4.784
Tanque elevado - primer lavado	TK-ELEV-102	2.08	0	0	2.3	2	1	2.08	4.16	0.936	7.176	2.08	4.784
Tanque elevado - primer lavado	TK-ELEV-103	2.08	0	0	2.3	2	1	2.08	4.16	0.936	7.176	2.08	4.784
Tanque elevado - primer lavado	TK-ELEV-104	2.08	0	0	2.3	2	1	2.08	4.16	0.936	7.176	2.08	4.784
Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-201	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-202	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Tanque disperse - primer lavado	TK-DISP-103	1.3	0	0	1.7	2	1	1.3	2.6	0.585	4.485	1.3	2.21
Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-101	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Tanque reactor - primer lavado	TK-REACT-102	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Filtro prensa proceso -segundo lavado	FP-102	0	8.4	1.85	1.8	3	1	15.54	46.62	9.324	71.484	15.54	27.972
Tanque disperse - segundo lavado	TK-DISP-101	1.3	0	0	1.7	3	1	1.3	3.9	0.78	5.98	1.3	2.21
Bomba neumática - segundo lavado	BN-003	0	0.5	0.3	0.8	1	1	0.15	0.15	0.045	0.345	0.15	0.12
Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-203	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-204	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-205	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Tanque reactor - segundo lavado	TK-REACT-206	2.2	0	0	2.95	2	1	2.2	4.4	0.99	7.59	2.2	6.49
Tanque disperse - segundo lavado	TK-DISP-102	1.3	0	0	1.7	3	1	1.3	3.9	0.78	5.98	1.3	2.21
Bomba de control de proceso de lavado	BC-002	0	1	0.5	0.6	1	1	0.5	0.5	0.15	1.15	0.5	0.3
Filtro prensa 03	FP-103	0	2.4	1.38	1.225	3	1	3.312	9.936	1.9872	15.2352	3.312	4.0572
Tanque de suministro de ácido sulfúrico	TK-ACI-101	3.3	0	0	4.5	2	1	3.3	6.6	1.485	11.385	3.3	14.85
Bomba neumática - suministro de aire	BN-001	0	0.5	0.3	0.8	1	1	0.15	0.15	0.045	0.345	0.15	0.12
Bomba neumática - suministro de aire	BN-002	0	0.5	0.3	0.8	1	1	0.15	0.15	0.045	0.345	0.15	0.12
Bomba neumática - suministro de aire	BN-003	0	0.5	0.3	0.8	1	1	0.15	0.15	0.045	0.345	0.15	0.12
Bomba neumática - suministro de aire	BN-004	0	0.5	0.3	0.8	1	1	0.15	0.15	0.045	0.345	0.15	0.12
Bomba neumática - suministro de aire	BN-005	0	0.5	0.3	0.8	1	1	0.15	0.15	0.045	0.345	0.15	0.12
Blower	BLW-001	0	1.15	1.07	1.25	1	1	1.2305	1.2305	0.36915	2.83015	1.2305	1.538125
Blower	BLW-002	0	1.15	1.07	1.25	1	1	1.2305	1.2305	0.36915	2.83015	1.2305	1.538125
Blower	BLW-003	0	1.15	1.07	1.25	1	1	1.2305	1.2305	0.36915	2.83015	1.2305	1.538125
Caldero para suministro de vapor	CAV-001	0	6	2.7	3.26	2	1	16.2	32.4	7.29	55.89	16.2	52.812
Maniifold para suministro de vapor	MAV-001	0	2.48	0.61	1.6	1	1	1.5128	1.5128	0.45384	3.47944	1.5128	2.42048
Tanque de retorno de condensado	TK-COND-002	1	0	0	1.5	1	1	1	1	0.3	2.3	1	1.5
Tanque de almacenamiento de condensado	TK-COND-001	0	2.78	1.44	3.35	1	1	4.0032	4.0032	1.20096	9.20736	4.0032	13.41072
										Área total	390.2	104.8195	265.514775
NUMERO DE ELEMENTOS MÓVILES	TAG	DIAM	L	A	H	N	n	Ss	Sg	Se	ST	Ss x n	Ss x n x h
Operarios	---	0	0	0	1.65	0	7	0.5	0.5	0.15	8.05	3.5	5.775
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
										Área total	8.1	3.5	5.775
K	0.15												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Cuadro de áreas para el nuevo diseño de proceso del sulfato de cobre

Área propuesta para el nuevo diseño de proceso de producción de sulfato de cobre				
Actividades	DIAM.	Largo	Ancho	ΣTotal (m ²)
MP	---	5.0 m	5.0 m	25 m
Pesado	---	2.5 m	2.5 m	6.25 m ²
Área de H ₂ SO ₄ y dosificadores	3.3 m	---	---	11.39 m ²
Área de tanque de agua proceso	3.0 m	---	---	10.35 m ²
Área de tanque de almacenamiento de lavado de cemento	3.0 m	---	---	20.70 m ²
Área de tanques disperse	1.3 m	---	---	16.45 m ²
Área tanques elevados	2.8 m	---	---	28.70 m ²
Área de tanques reactores	2.2 m	---	---	60.72 m ²
Área de filtro prensa	---	8.4 m	1.9 m	158.20 m ²
Área de bomba de control de proceso de lavado	---	1.0 m	0.5 m	2.30 m ²
Área de bomba neumática - suministro de aire	---	0.50 m	0.3 m	1.73 m ²
Área de inyectores de aire (Blower)	---	1.2 m	1.1 m	8.49 m ²
Área de caldero para suministro de vapor	---	6.0 m	2.7 m	55.89 m ²
Área de maniifold para suministro de vapor	---	2.5 m	0.6 m	3.48 m ²
Área de tanque de retorno de condensado	1.0 m	---	---	2.30 m ²
Área de tanque de almacenamiento de condensado	---	2.8 m	1.4 m	9.21 m ²
total				396.15 m ²

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 36 se observa que, para la implementación de un nuevo diseño de proceso de producción para la obtención de sulfato de cobre, es necesario un área de 396.15 m² con el cual podremos comenzar a producir los cristales de cobre. No obstante, en los resultados obtenidos también se determinó los espacios necesarios para el transporte vehicular y humano, con la finalidad de no ocasionar el congestionamiento y/o principalmente los accidentes dentro de la planta. Y así poder alcanzar un flujo productivo que no implique demoras en el ciclo de producción del sulfato de cobre. Asimismo, estos valores de las áreas obtenidos son las mínimas necesarias según el método de GUERCHT, pero pueden estar sujetas a modificación según se crea conveniente para el nuevo diseño de proceso

Diseño de arreglo general de planta

El diseño de arreglo general de planta es el comienzo de la definición de la implementación y ubicación en planta de todos los equipos que intervienen en el desarrollo del sistema de producción de las empresas.

En el cual se distribuirán los equipos que intervienen en el proceso de tal manera que se siga una adecuada regla de proceso y una adecuada distribución de los equipos, para que no afecten el desempeño del proceso de producción, así como en los tiempos de trabajo donde sea necesario la mano del hombre.

Una vez establecido, determinado y calculado las áreas de producción con el método de GUERCHT, se procedió a realizar el plano de planta distribuyendo las áreas correspondientes a cada proceso en donde se colocarán todos los equipos que intervienen en el nuevo diseño de producción de sulfato de cobre pentahidratado.

Asimismo, cabe mencionar que el diseño de distribución y localización de los equipos llamado también arreglo mecánico es una de las etapas más importantes, debido a que con el arreglo de equipos se procederá a la realización del arreglo de tuberías y en el cual se muestra todo el recorrido de las tuberías. Para ello utilizaremos software de ingeniería el cuales son AUTOCAD Y CADWORX

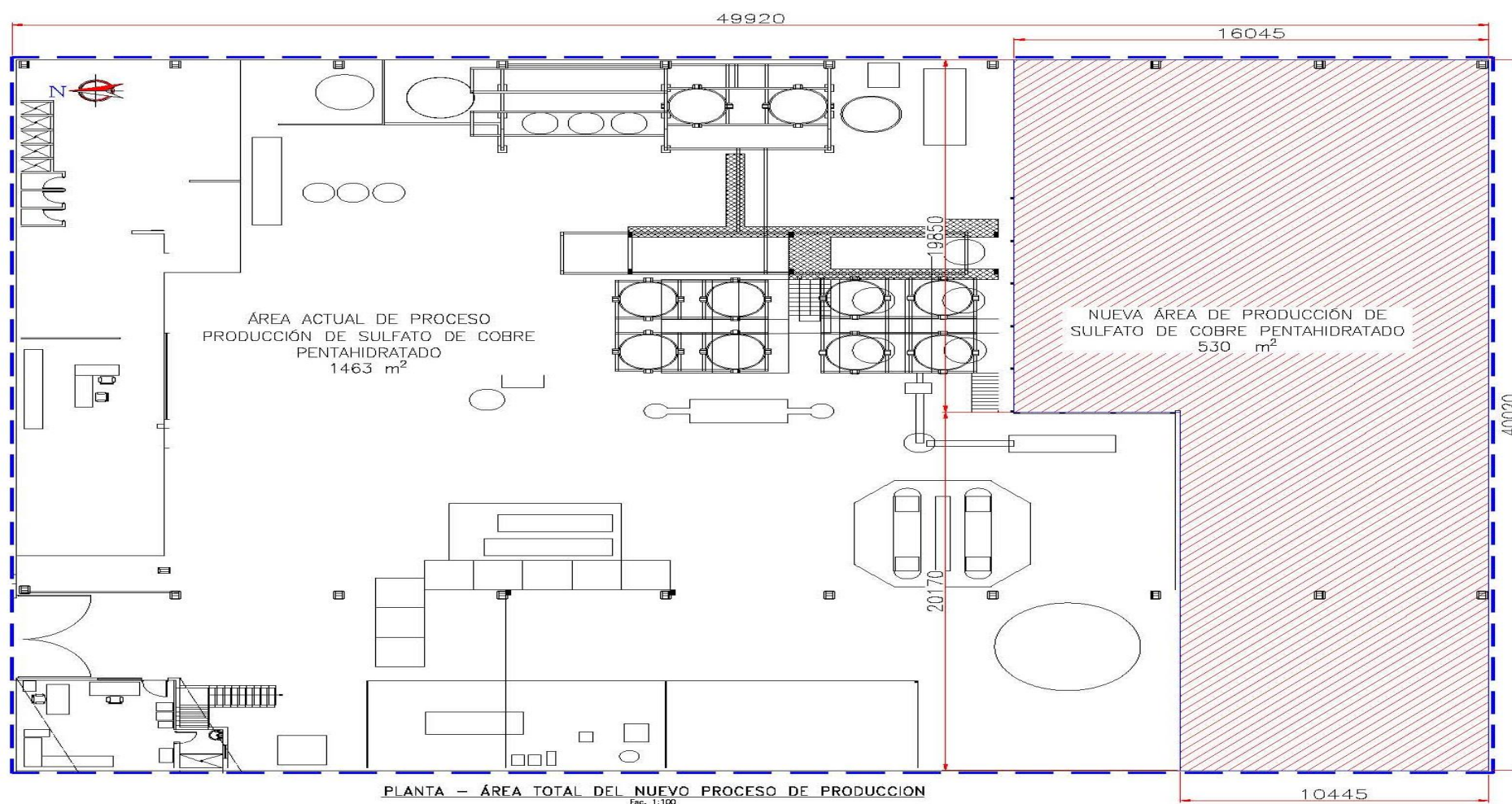
Definición del área del área del nuevo diseño de proceso:

Para la implementación del nuevo proceso del sistema de producción de cristales de sulfato de cobre, primero se tienen que establecer el área de trabajo en dónde se dará comienzo a la etapa del diseño.

Determinación del área de trabajo:

Como parte del diseño del nuevo proceso de producción, se destinó por parte de la gerencia de la empresa REVASAC un área de 529 m² el cual estuvo sin uso y ocupado por material de reciclaje y desperdicios. (ver figura 54)

Figura 54: Plano de área de trabajo del nuevo diseño de proceso productivo



Fuente: Elaboración propia

Denominación y distribución de las áreas de trabajo:

Una vez determinado el área total de trabajo para la implementación del nuevo proceso productivo, se procedió a la codificación y denominación de cada área según corresponda su proceso de producción mencionado en el plano de diagramas de tuberías e instrumentación. Con la finalidad de determinar las áreas dentro del área general de trabajo y con el propósito de elaborar un diagrama de localizaciones arreglo de planta o layaout.

ÁREA 100 Carga y descarga de materia prima (cemento de cobre)

ÁREA 200 Lavado y Reacción del cemento de cobre

ÁREA 300 Filtración

ÁREA 400 Agua de proceso y cemento lavado

ÁREA 500 Compresores

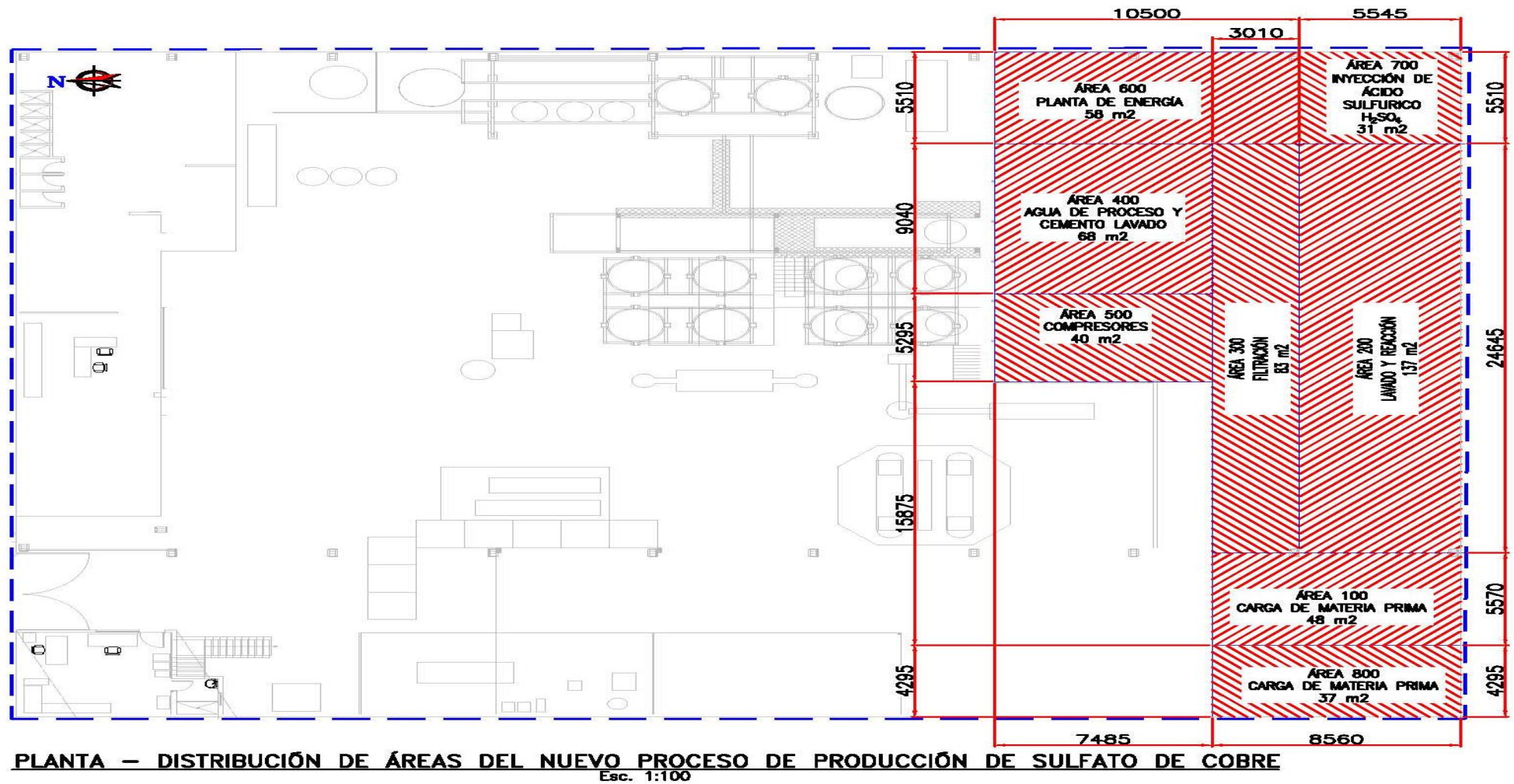
ÁREA 600 Planta de energía

ÁREA 700 Inyección de ácido sulfúrico (H_2SO_4)

ÁREA 800 Almacén de materia prima

(Ver figura 55)

Figura 55: Plano de distribución de áreas de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Diagrama de arreglo mecánico de equipos

El diagrama de arreglo mecánico de equipos es también conocido como diagrama localización en arreglo de planta o layout. Es en este diagrama en donde se distribuirá la ubicación y localización de todos los equipos sobre el terreno seleccionado. En donde se construirá la nueva planta de procesamiento de sulfato de cobre. Este tipo de diagrama es de vital importancia para determinar las longitudes de tuberías, la capacidad de bombeo, las estructuras que se necesitarán para los equipos, soportes de tuberías y demás accesorios (González, 2013, p. 54).

(Ver figura 56 y 57)

Diagrama de vistas de elevación

Los diagramas de elevación son vistas de corte en donde se muestran el arreglo de equipos en elevación propiamente dicho aquí se visualiza las alturas de los equipos y la ubicación en elevación en metros. (González 2013, p. 54).

(Ver figura 58 y 59)

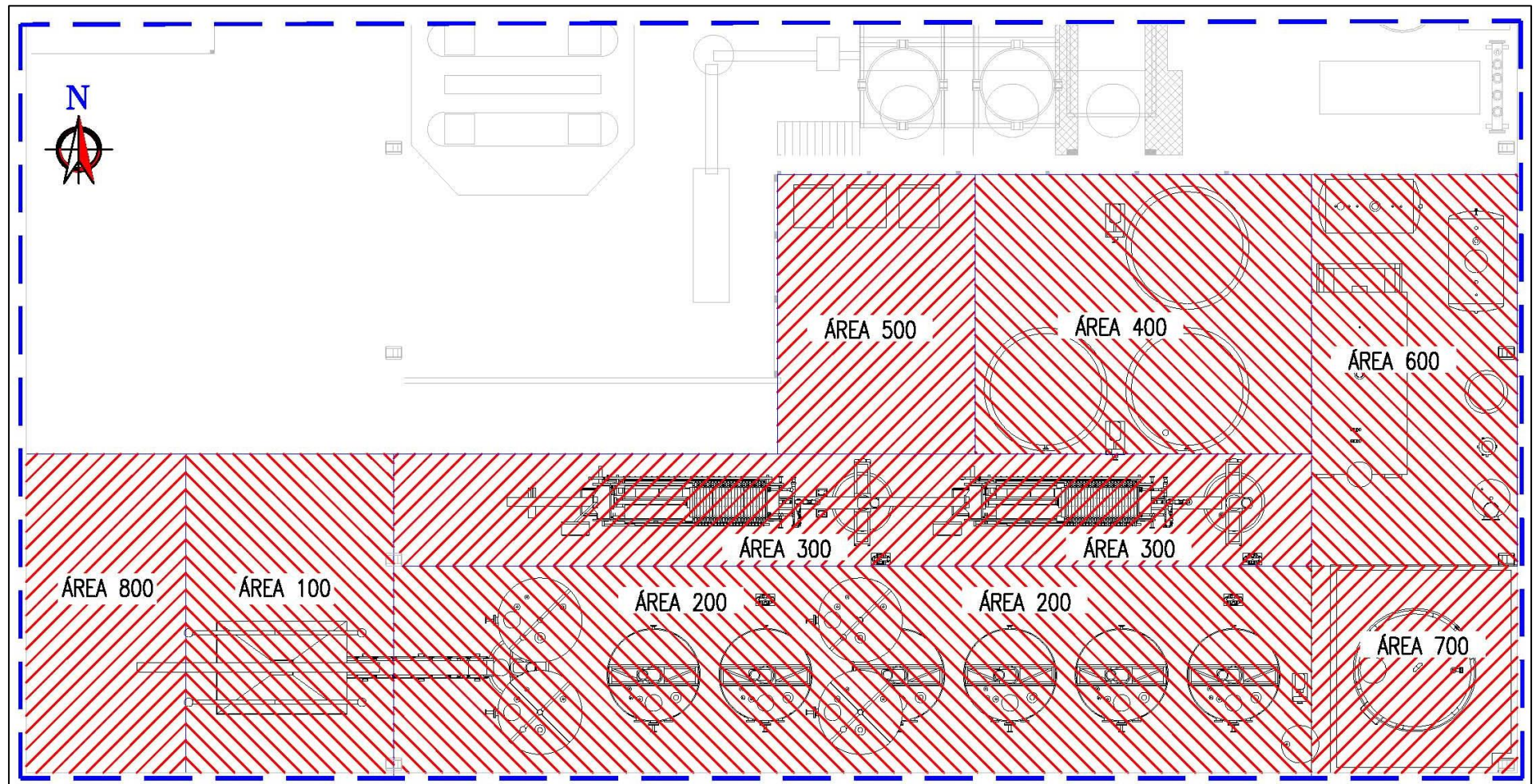
Diagrama de vistas isométricas

Los diagramas de vistas isométricas son planos que muestran a los equipos en tres dimensiones de las cuales se tienen una perspectiva de cómo quedará el arreglo y/o ubicación de la planta ya una vez construida. (González 2013, p. 54).

(Ver figura 60, 61 y 62)

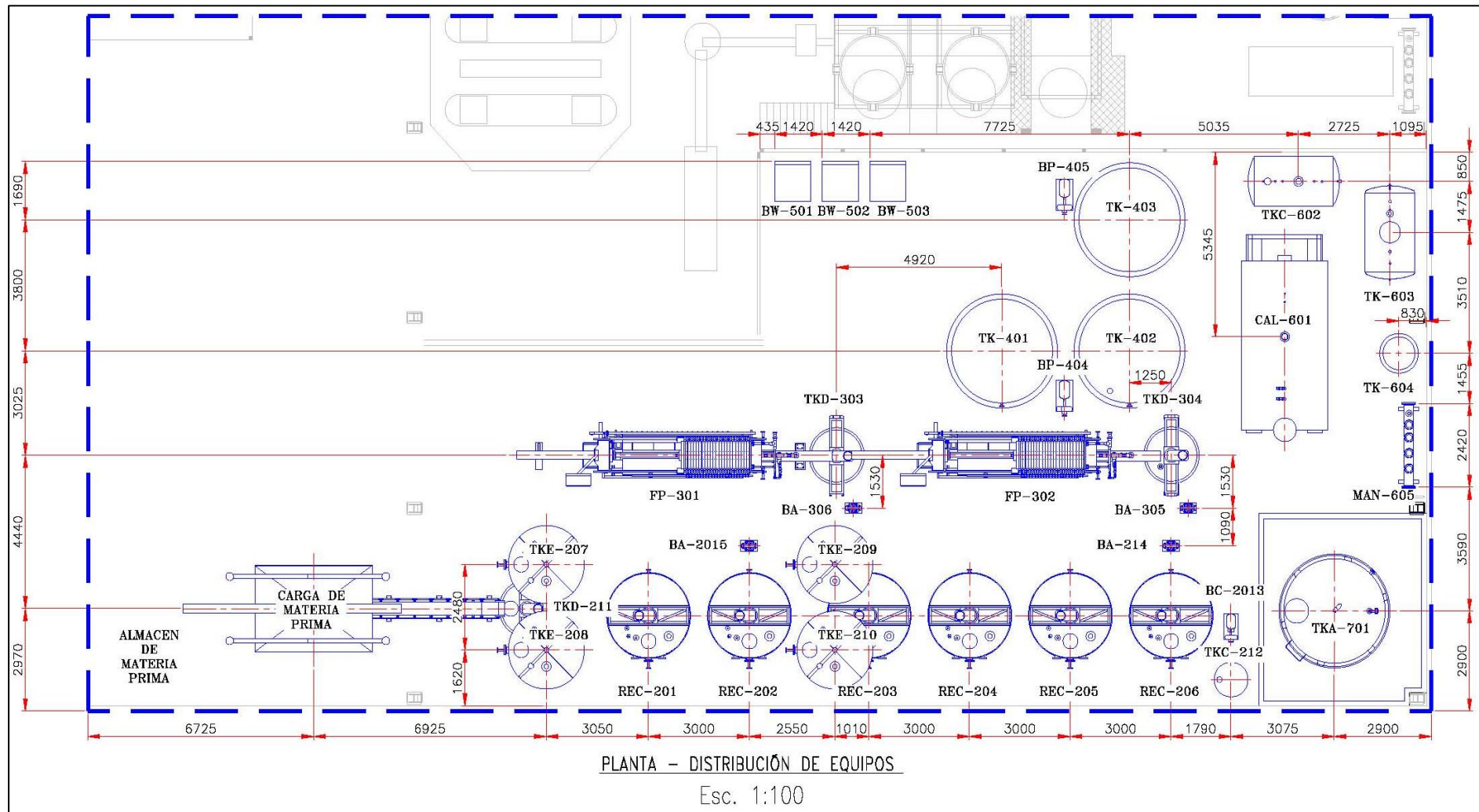
Asimismo, cabe resaltar que existen muchos diagramas como diagramas de arreglo general civil, eléctrico, instrumentación, etc. Que son de vital importancia para los proyectos, pero que a su vez no forman parte de este proyecto de investigación.

Figura 56: Plano de superposición de área y equipos



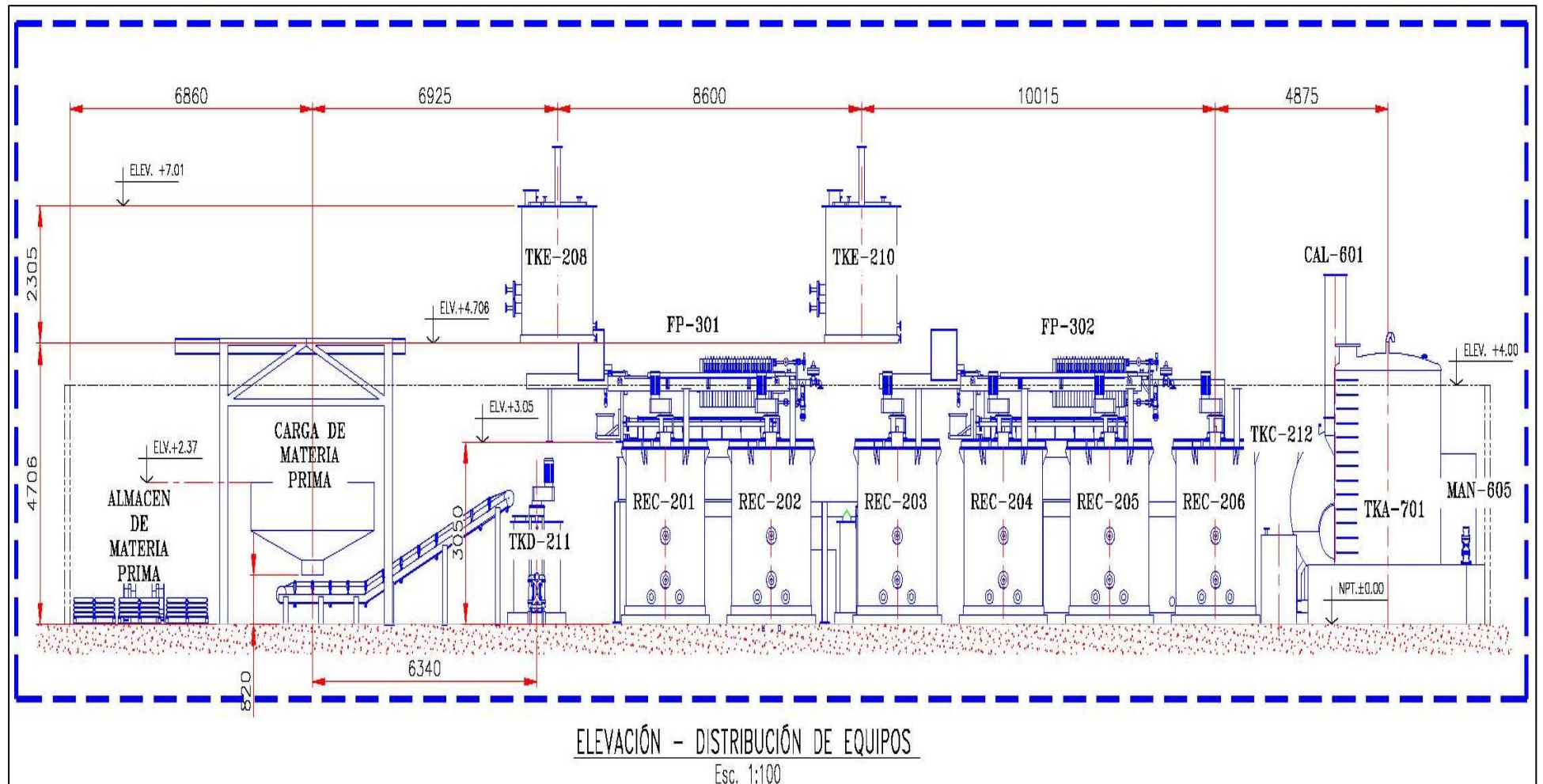
Fuente: Elaboración propia

Figura 57: Plano de arreglo general de equipos – vista de planta



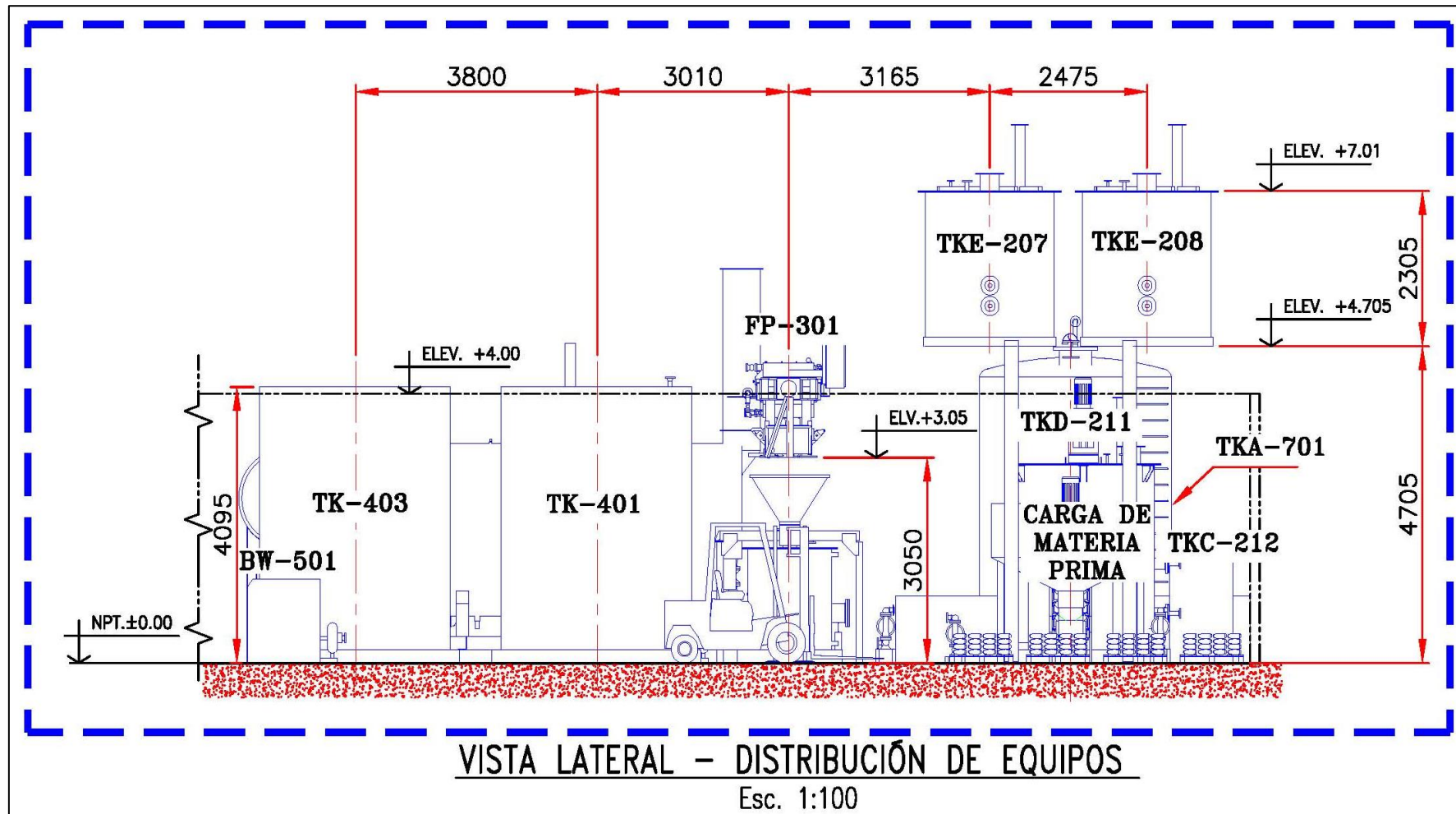
Fuente: Elaboración propia

Figura 58: Plano de Arreglo general de equipos – vista de elevación



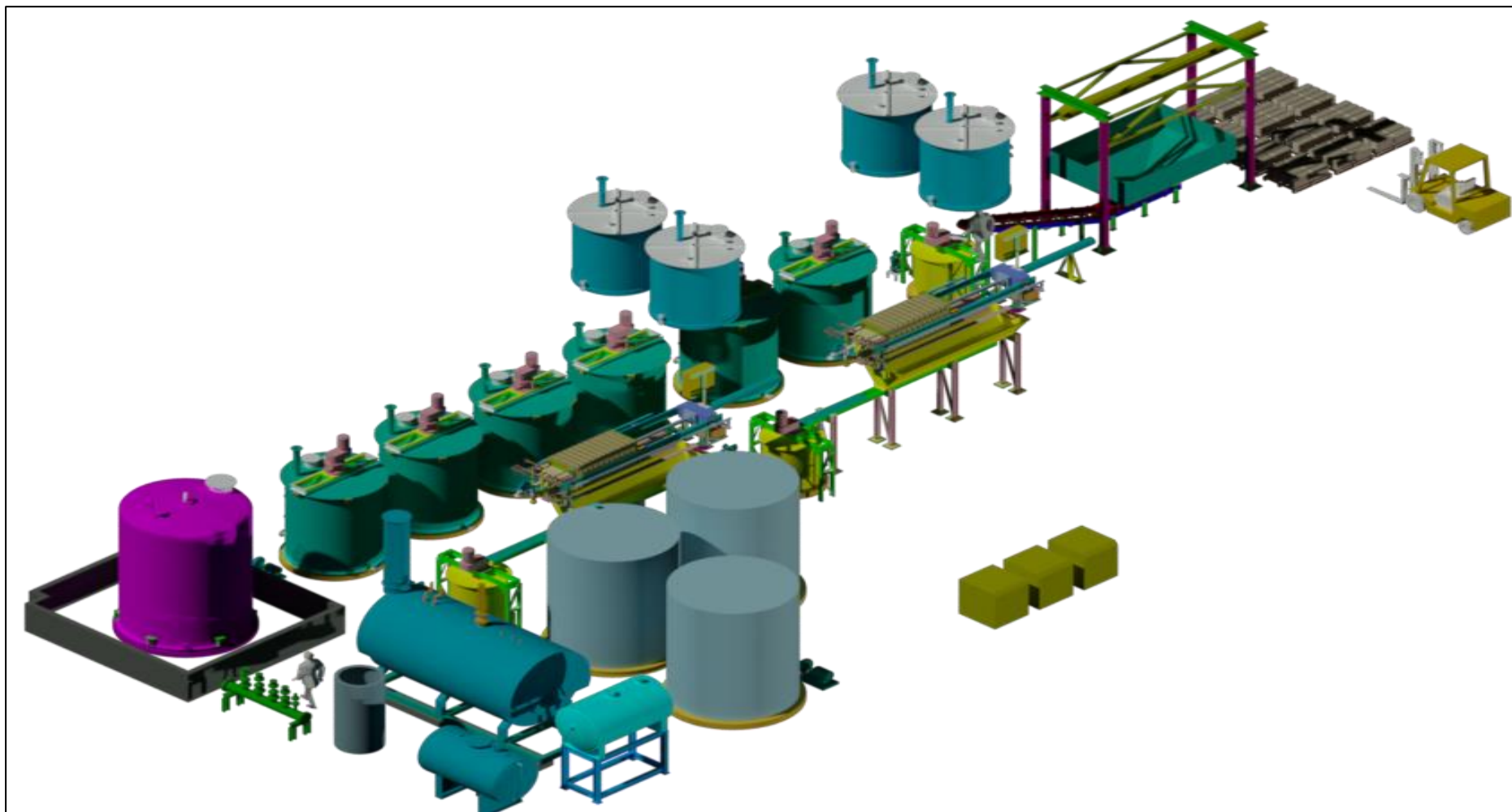
Fuente: Elaboración propia

Figura 59: Plano de arreglo general de equipos – vista lateral



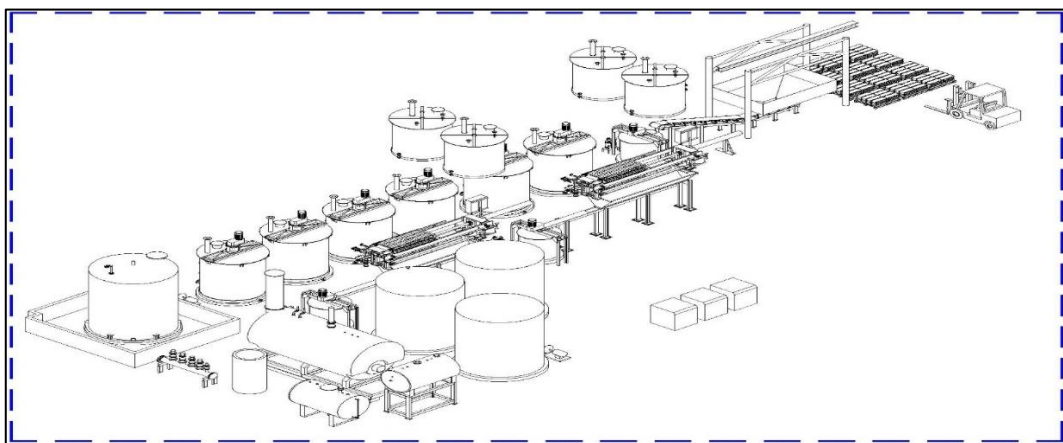
Fuente: Elaboración propia

Figura 60: Plano de arreglo general equipos – vista isométrica 3D



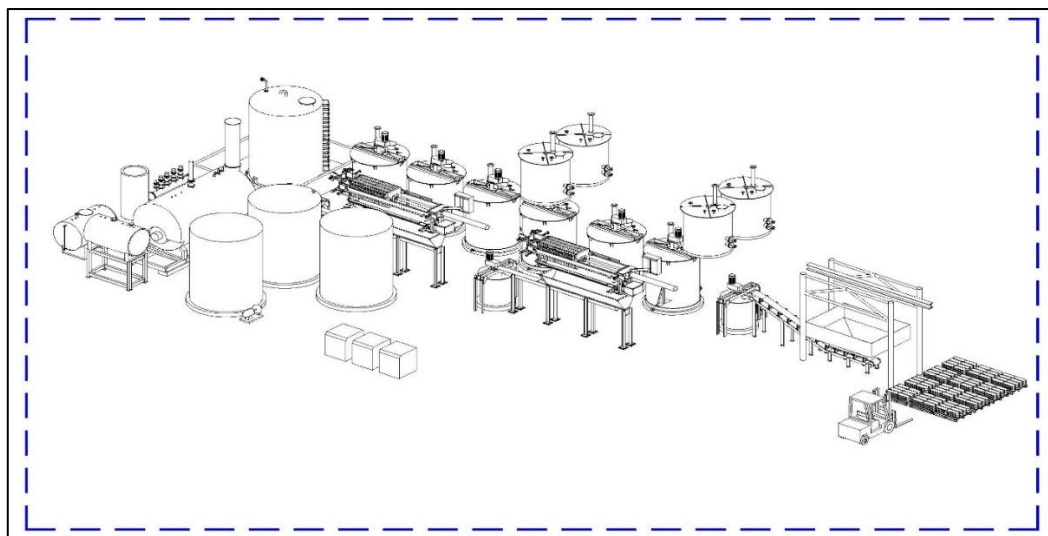
Fuente: Elaboración propia

Figura 61: Plano de arreglo general equipos – vista isométrica 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 62: Plano de arreglo general equipos – vista isométrica 2



Fuente: Elaboración propia

Las figuras 60, 61 y 62 son vistas 3D y en perspectiva representan una idea de la forma cómo se verá la ubicación de los equipos utilizados en el nuevo proceso producción de sulfato de cobre. Asimismo, las vistas de representación isométrica sirven para tener un mejor entendimiento de los planos de planta, elevación, secciones y detalles. Además, poder despejar dudas de cualquier entendimiento sobre estos planos antes mencionados.

Diseño y cálculos de estructuras

Continuando con el proceso de diseño de ingeniería se procedió al diseño y cálculo de estructuras que amerita el nuevo proceso de reingeniería de producción de sulfato de cobre. Para ello se usó software de cálculos estructurales de ingeniería Modelo 3D y Geometría - SAP2000 v.20.0.0, el cual es un potente software exclusivo para el cálculo y diseño de estructuras metálicas. Con la finalidad de poder demostrar y justificar el buen funcionamiento y diseño óptimo de las plataformas que forman parte del nuevo diseño de procesos de producción de sulfato de cobre.

Normas y códigos usados:

E.030 Norma Técnica de Edificaciones - Diseño Sismo Resistente

E.090 Norma Técnica de Edificaciones – Estructuras de acero

AISC American Institute of Steel Construction

Parámetros generales:

Acero estructural ASTM A36

Esfuerzo mínimo a la fluencia del acero	f_y	=	2530 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad del acero	E_s	=	2.4E+0.6 kg/cm ²
Módulo de acero de corte	G	=	7.87E+0.5 kg/cm ²
Peso unitario del acero	γ_s	=	7850 kg/m ³

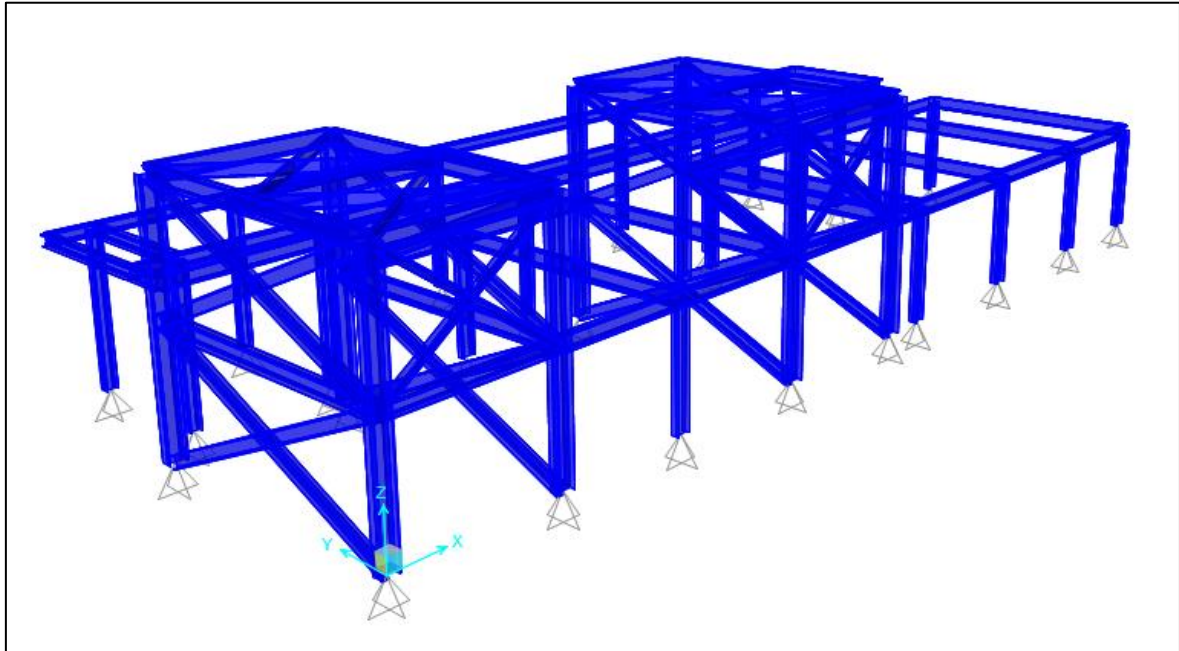
Soldaduras y conectores

- Electrodo AWS D1.1	F_u	=	70.00 ksi
- Pernos de conexión A325			

Diseño de plataformas de tanques

Geometría de la estructura

Figura 63: Modelo 3D y Geometría - SAP2000 v.20.0.0



Fuente: Elaboración propia

Estado de carga:

A continuación, se describen las cargas utilizadas en la modelación y diseño estructural

Cargas permanentes (D)

De acuerdo a las especificaciones técnicas del nuevo proceso de producción de sulfato de cobre se ha considerado las siguientes cargas. (Ver tabla 37)

Tabla 37: Cuadro de cargas estructurales

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARGA	UNIDAD
D1	Peso de estructura	Calculado por programa	
D2	Peso de grating	45	kg/m ²
D3	Peso de baranda	20	kg/m
D4	Peso de Apoyo de los tanques	15000	kg

Fuente: Elaboración propia

Sobre cargas de uso (L)

De acuerdo a las especificaciones técnicas del nuevo proceso de producción de sulfato de cobre se ha considerado las siguientes cargas de longitud. (Ver tabla 38)

Tabla 38: Cuadro de cargas estructurales de longitud

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARGA	UNIDAD
L1	Sobrecarga en plataforma	500	kg/m ²

Fuente: Elaboración propia

Cargas de sismos

Z	=	0.35	(Factor de zona, Lima, ventanilla)
U	=	1.00	(Factor de importancia, Edificaciones comunes)
S	=	1.05	(Factor de suelo, asumido a verificar con estudios de suelos)
V	=	0.5 Z U S P	
V	=	0.18 P	

Donde el peso sísmico (P) contempla lo siguiente:

ITEM	Descripción	Símbolo	Peso
1	Peso de estructura	D1	100%
2	Peso de grating	D2	100%
3	Peso de barandas	D3	100%
4	Peso de tanques	D4	100%
5	Sobrecarga de uso	L1	0.25%

Combinaciones de carga en servicio

De acuerdo a las especificaciones técnicas del nuevo proceso de producción de sulfato de cobre se ha considerado las siguientes cargas de servicio.

Comb	D	L	Sx	Sy
CU1	1.4			
CU2	1.2	1.6		
CU3	1.2	0.5		
CU4	1.2	1.0	±1	
CU5	1.2	1.0		±1
CU6	0.9		±1	
CU7	0.9			±1

Deformaciones:

Deflexiones

Deflexión por Carga Muerta + Carga Viva

Lviga = 5.00 m Luz libre de viga.

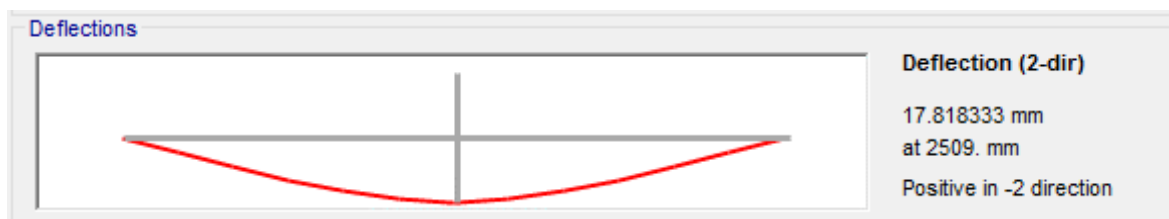
Δ viga = 17.82 m Deflexión de la estructura.

Δ max = 20.83 mm Deflexión máxima (L/240)

OK

Ver gráfico de deformación máximo por carga muerta en figura 64

Figura 64: Deformación máxima de carga muerta + viga DL+LL



Fuente: Elaboración propia

Deflexión por Carga Viva

Lviga = 5.00 m Luz libre de viga.

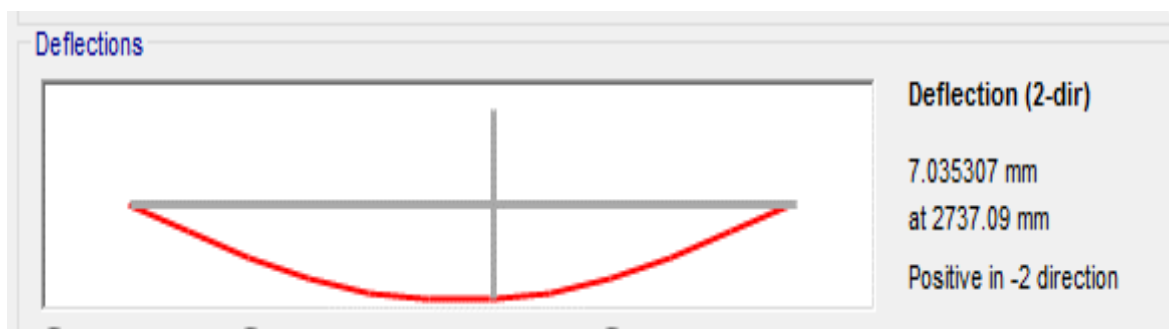
Δ viga = 17.82 m Deflexión de la estructura.

Δ máx. = 13.89 mm Deflexión Permitida (L/360)

OK

Ver gráfico de deformación máximo permitida por carga en figura 65

Figura 65: Deformación máxima permitida por carga Viva LL

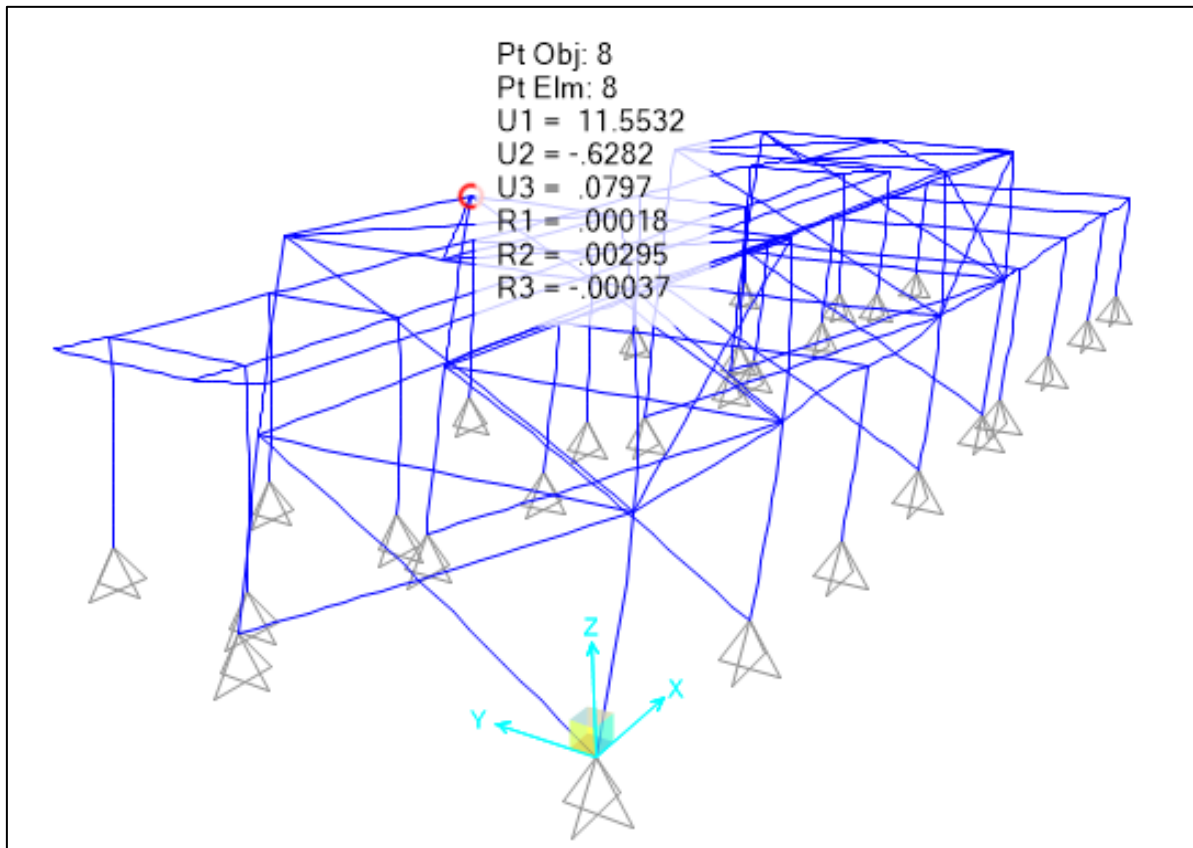


Fuente: Elaboración propia

Deformaciones por Sismo

-SISMO X (mm)

Figura 66: Deformación por sismo en X

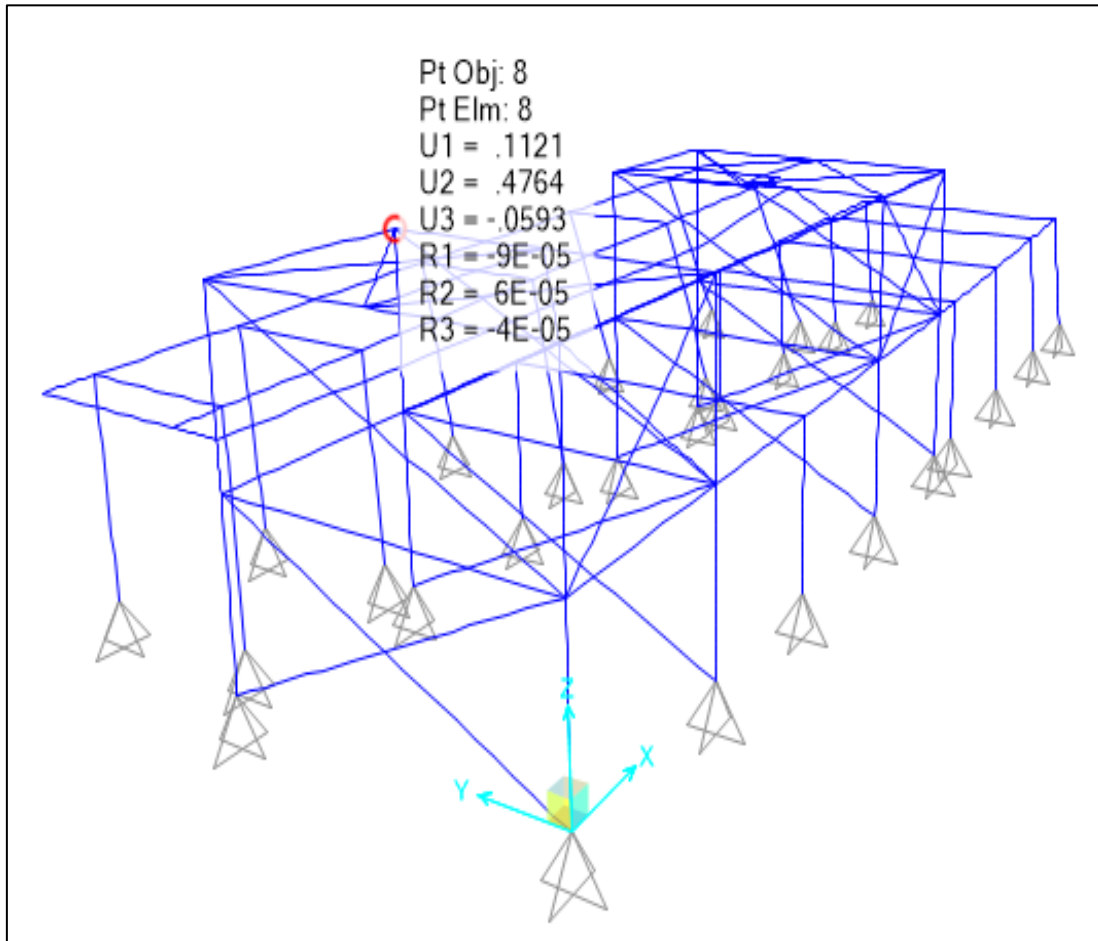


Fuente: Elaboración propia

Dhx	=	11.55	mm	Deflexión horizontal máxima (Dhx)
H	=	4450	mm	Altura
Di	=	21.66	mm	Di = 0.75R, R = 2.5 (Tabla 15.4-1, AISC)
Di / h	=	0.005		
Di / h	<	0.015		OK

-SISMO Y (mm)

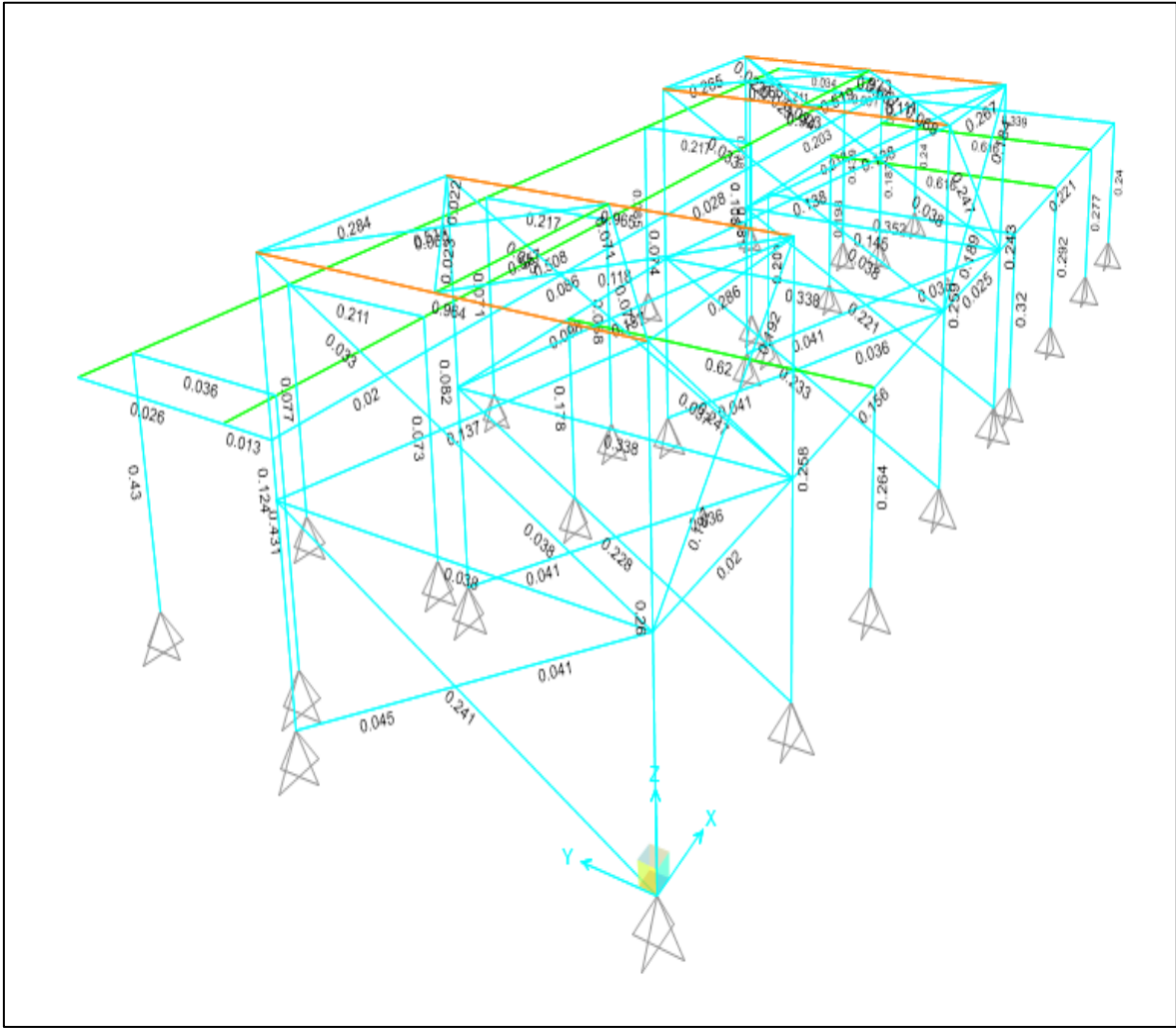
Figura 67: Deformación por sismo en Y



Fuente: Elaboración propia

Dhx	=	0.48	mm Deflexión horizontal máxima (Dhy)
H	=	4450	mm Altura
Di	=	0.89	mm Di = 0.75R, R = 2.5 (Tabla 15.4-1, AISC)
Di / h	=	0.000	
Di / h	<	0.015	OK

Figura 68: Ratios de diseño estructural



Fuente: Elaboración propia

Diseño de columna W12X40

Tabla 39: Cuadro de ratios de diseño de columna W12x40

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Tonf, m, C

Frame : 1	X Mid: 0.000	Combo: COMB4.1	Design Type: Column
Length: 4.450	Y Mid: 0.000	Shape: W12X40	Frame Type: SMF
Loc : 2.230	Z Mid: 2.225	Class: Seismic HD	Princpl Rot: 0.000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0.950	2nd Order: General 2nd Order	Reduction: Tau-b Fixed		
AlphaPr/Py=0.105	AlphaPr/Pe=0.027	Tau_b=1.000	EA factor=0.800	EI factor=0.800
Ignore Seismic Code? Yes	Ignore Special EQ Load? No	D/P Plug Welded? Yes		

SDC: D	I=1.000	Rho=1.000	Sds=0.500
R=8.000	Omega0=3.000	Cd=5.500	
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900	

A=0.008	I33=1.278E-04	x33=0.130	S33=8.455E-04	Av3=0.004
J=0.000	I22=1.836E-05	x22=0.049	S22=1.804E-04	Av2=0.002
E=20389019.16	fy=25310.507	Ry=1.500	z33=9.341E-04	Cw=0.000
RLLF=1.000	Fu=40778.038	z22=2.753E-04		

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB4.1)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
2.230	-20.140	4.125	-0.008	-1.850	0.003	-4.517E-05

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)	
D/C Ratio:	0.260 = 0.065 + 0.194 + 0.001
	= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0.501	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.501	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	Lltb	Kltb	Cb			
LTB	0.501	1.000	1.136			
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	-20.140	154.398	171.948			
	Mu	phi*Mn	phi*Mn	phi*Mn		
	Moment	Capacity	No LTB	Cb=1		
Major Moment	4.125	21.277	21.277	21.277		
Minor Moment	-0.008	6.271				

SHEAR CHECK				
	Vu	phi*Vn	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	1.850	34.394	0.054	OK
Minor Shear	0.003	72.750	4.746E-05	OK

Fuente: Elaboración propia

Diseño de Viga W10x30

Tabla 40: cuadro de ratios de diseño de Viga W10x30

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Tonf, m, C

Frame : 73

Length: 5.018

Loc : 2.509

X Mid: 11.500

Y Mid: 2.509

Z Mid: 4.450

Combo: COMB1

Shape: W10X30

Class: Compact

Design Type: Beam

Frame Type: SMF

Princpl Rot: 0.000 degrees

Provision: LRFD

Analysis: Direct Analysis

D/C Limit=0.950

2nd Order: General 2nd Order

AlphaPr/Py=0.001

AlphaPr/Pe=0.001

Tau_b=1.000

EA factor=0.800

EI factor=0.800

Ignore Seismic Code? Yes

Ignore Special EQ Load? No

D/P Plug Welded? Yes

SDC: D

R=8.000

PhiB=0.900

PhiS=0.900

I=1.000

Omega0=3.000

PhiC=0.900

PhiS-RI=1.000

Rho=1.000

Cd=5.500

PhiTY=0.900

PhiST=0.900

Sds=0.500

PhiTF=0.750

A=0.006

J=0.000

E=20389019.16

RLLF=1.000

I33=7.076E-05

I22=6.951E-06

fy=25310.507

Fu=40778.038

r33=0.111

r22=0.035

Ry=1.500

S33=5.306E-04

S22=9.420E-05

z33=5.998E-04

z22=1.449E-04

Av3=0.003

Av2=0.002

Cw=0.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)

Location

Pu

Mu33

Mu22

Vu2

Vu3

Tu

2.509

0.159

12.601

3.293E-04

4.865

1.312E-04

4.514E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)

D/C Ratio: 0.923 = 0.000 + 0.922 + 0.000

= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor

L

K1

K2

B1

B2

Cm

Major Bending

1.000

1.000

1.000

1.000

1.000

1.000

Minor Bending

0.500

1.000

1.000

1.000

1.000

1.000

LTB

Lltb

Kltb

Cb

0.500

1.000

1.133

Axial

Pu

phi*Pnc

phi*Pnt

Force

Capacity

Capacity

0.159

98.986

129.916

Major Moment

Minor Moment

Mu

phi*Mn

phi*Mn

phi*Mn

Moment

Capacity

No LTB

Cb=1

12.601

13.662

13.662

12.807

3.293E-04

3.300

SHEAR CHECK

Major Shear

Minor Shear

Vu

Force

1.312E-04

phi*Vn

Capacity

52.256

Stress

Ratio

2.512E-06

Status

Check

OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

VMajor

Left

Major (V2)

VMajor

Right

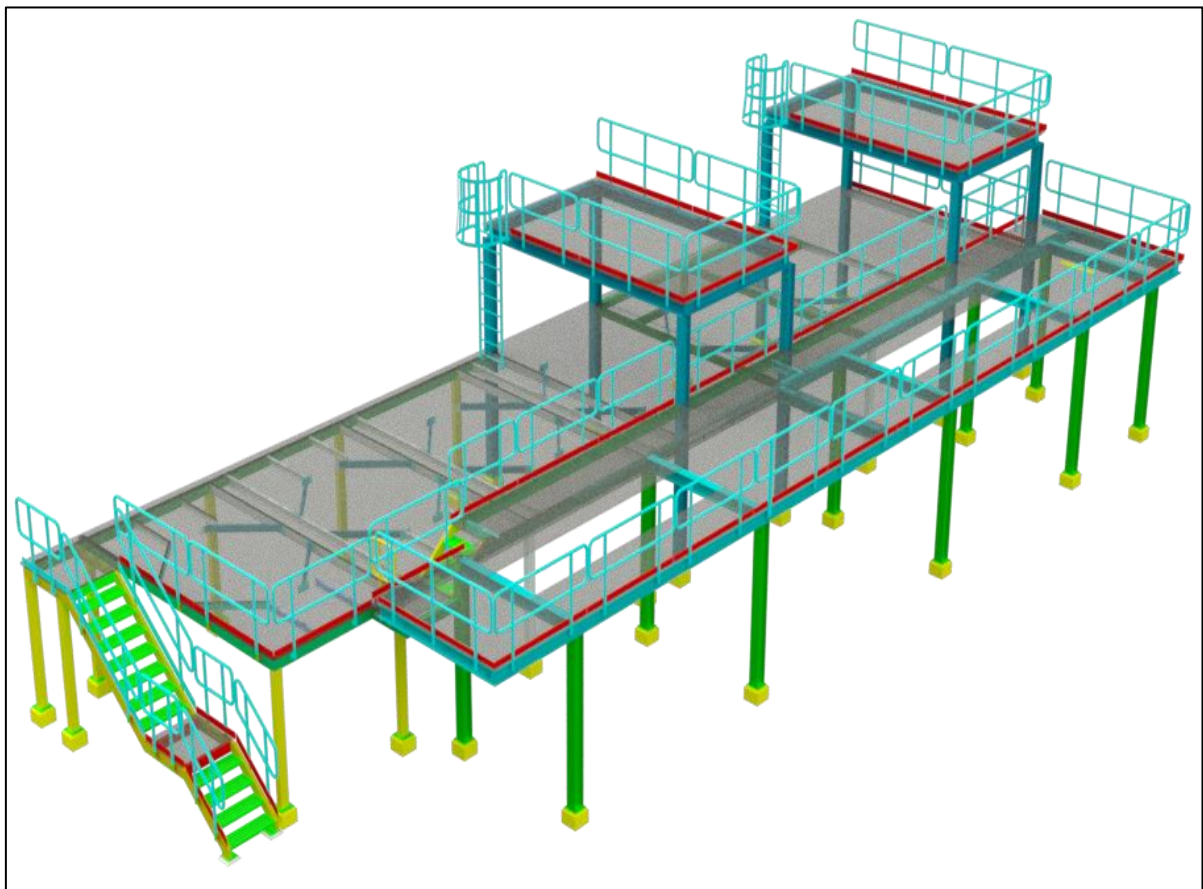
5.180

Fuente: Elaboración propia

Modelado 3D de plataforma de tanque y reactores

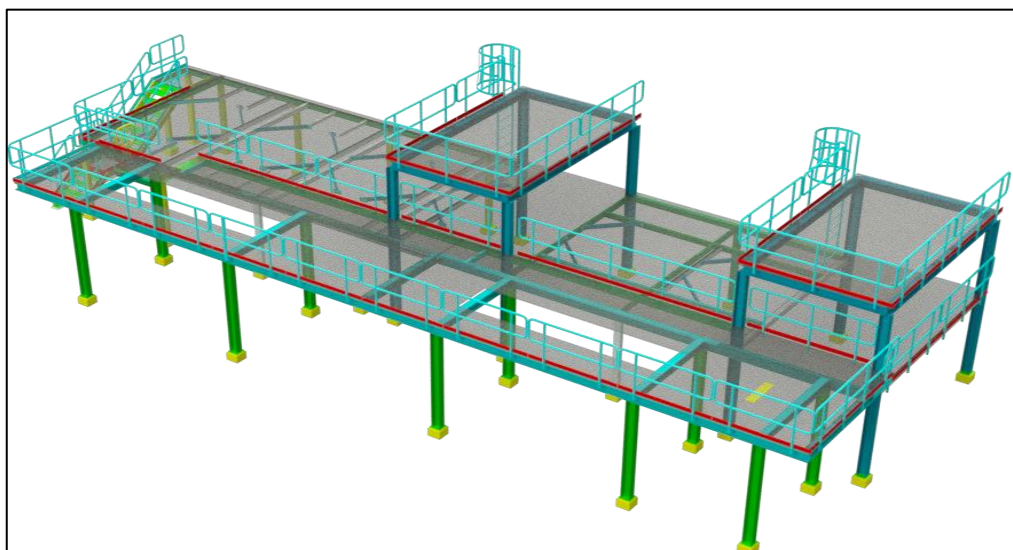
Para realizar el modelamiento de las estructuras se utilizó el software de ingeniería el cual es el AUTOCAD-2019 y el software CADWORX-2019 los cuales son potentes programas para el diseño de modelamientos 3D. A continuación, se muestran vistas en perspectiva de la plataforma del nuevo proceso de producción de sulfato de cobre. (Ver figuras 69 - 70)

Figura 69: Modelo 3D de Plataforma de filtros y reactores- perspectiva 1



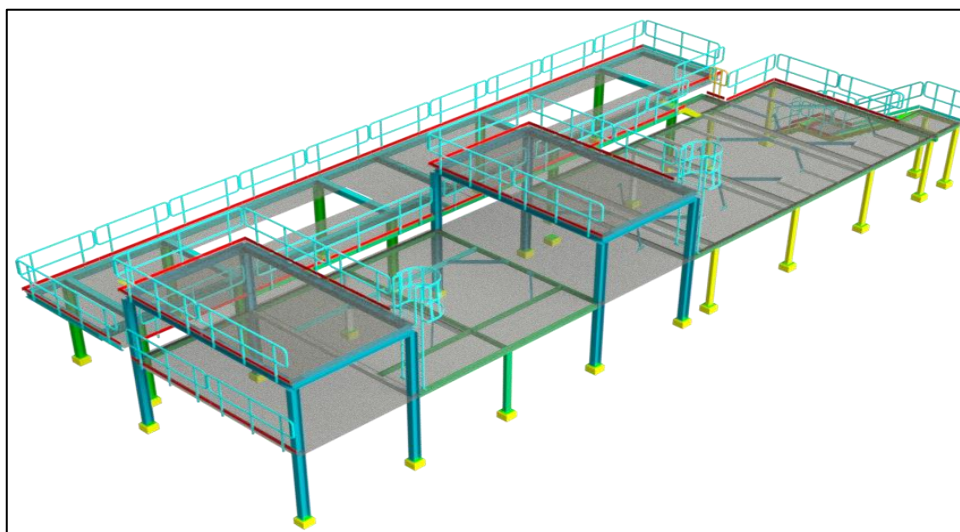
Fuente: Elaboración propia

Figura 70: Modelo 3D de Plataforma de filtros y reactores - perspectiva 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 71: Modelo 3D de Plataforma de filtros y reactores - perspectiva 3



Fuente: Elaboración propia

Las figuras 69, 70 y 71 son representaciones de vistas isométricas en 3D (tres dimensiones), las cuales representan la forma de cómo quedará el diseño 3D de la plataforma estructuras. Esta forma de representación es de forma renderizada la cual significa que es una manera de representar de forma virtual y real de cómo quedará la estructura diseñada.

Diseño de tuberías

Una vez diseñado el diagrama de arreglo mecánico de equipos, también conocido como diagrama localización en arreglo de planta o layout y asimismo, haber diseñado y calculado las estructuras que involucra el nuevo proceso de producción de sulfato de cobre, se da inicio al proceso de diseño de tuberías también conocido como arreglo de tuberías para ello según Mohinder (2000) en su libro piping handbook menciona que existen normas para el desarrollo de diseño de tuberías, según el tipo de producción.

Para nuestro diseño de tuberías usaremos la norma ASME B31.3 Process Piping el cual nos habla de las dimensiones de las tuberías de acero sin y con costura para presiones altas y bajas, así como el tipo de material como el carbón Steel y stainless Steel. Además, nos habla de tipos de accesorios, válvulas, etc. También, usaremos la norma ASME B31.9 Building Services Piping esta norma hace referencia al servicio de construcción de tuberías, la cual menciona las presiones de diseño de los componentes, selección y limitaciones de juntas, tipos de materiales y requerimiento de materiales. Así como la fabricación, ensamble y montaje, e inspección examen y prueba (ver tabla 41).

Tabla 41: Cuadro de normas para el diseño de tuberías.

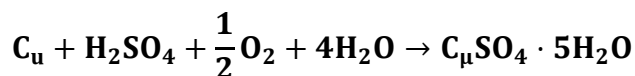
ASME B31.1	Power Piping
USAS B31.2	Fuel Gas Piping
ASME B31.3	Process Piping
ASME B31.4	Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohol
ASME B31.5	Refrigeration Piping
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems
ASME B31.9	Building Services Piping
ASME B31.11	Slurry Transportation Piping Systems

Fuente: Mohinder (2000).

Tipo de material

Para el proceso del diseño de tuberías es de vital importancia conocer el tipo de material que requiere para el nuevo diseño de proceso de producción, puesto que de esto depende mucho el diseño de tuberías o también conocido como **piping diseng**. **El tipo de material depende del tipo de fluido que se va a transportar**, en nuestro caso el tipo de fluido es el sulfato de cobre penta hidratado que se tiene como objetivo producir.

El sulfato de cobre pentahidratado es un fluido altamente corrosivo, el cual corroe muy rápidamente al acero al carbono, ya que es una sal compuesta por:



Según Fernando (2003) para el diseño de tuberías por lo general se utiliza el acero al carbono, generalmente conocido como acero negro los cuales pueden ser ASTM A36, A53, 106, etc y de grado A, B, C; donde el porcentaje de carbono depende del grado y la designación de del tipo de material dependerá de la presión y temperatura de trabajo (p. 9).

Tabla 42: Porcentaje de metales y no metales en tuberías de AC de grado Gr.A,B,C

	C % max.	Mn %	Si %	Ruptura (Kg/mm2)	Fluencia (Kg/mm2)
Gr.A (bajo Carbono)	0,25	0,27-0,93	0,10	34	20
Gr.B (medio Carbono)	0,30	0,29-1,06	0,10	41	24
Gr.C (alto Carbono)	0,35	0,29-1,06	0,10	48	27

Fuente: Fernando (2003).

Asimismo, según Fernando (2003) debido a que las tuberías de acero al carbonó no soportan la corrosividad del sulfato de cobre se procedió a buscar otras alternativas de solución en donde se pudo observar que el acero inoxidable conocido también como, **Stanley Steel** en inglés, contiene ciertas características que ayudan a evitar la corrosión

Asimismo, el acero inoxidable se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión por parte de agentes corrosivos. Además, cabe resaltar que los aceros inoxidables también cumplen cierta peculiaridad debido al porcentaje de metales presentes, estos aceros pueden ser clasificados como:

- Low alloy Steel (acero de baja aleación): contiene 5% de Cr y Ni adicional
- Intermediate alloy Steel (acero de media aleación) 5 a 10% de Cr y Ni adicional
- High alloy Steel (aceros de alta aleación) contiene más de 10% de Cr y Ni adicional

La ASTM A312 la que define el tipo de composición dentro de material de los aceros inoxidable. (p.12)

Tabla 43: Porcentaje de metales y no metales en tuberías de SS

CON TRATAMIENTOS TERMICOS					
Tipos AISI	CROMO	NIQUEL	OTROS	TENSION DE RUPTURA	TENSION DE FLUENCIA
304	18	8		58 Kg/mm ²	24 Kg/mm ²
16	18	8	2.5 Mo	58 Kg/mm ²	24 Kg/mm ²
321	18	8	0.4 Ti	58 Kg/mm ²	24 Kg/mm ²
347	18	8	0.8 (Cb * Ta)	58 Kg/mm ²	24 Kg/mm ²

Fuente: Fernando (2003).

No obstante, debido al tipo de fluido, el cual es altamente corrosivo usaremos el acero inoxidable de alta aleación el cual se define por sus siglas en ingles High alloy Steel

- Para el transporte de ácido clorhídrico (H₂SO₄) usaremos acero al carbono ASTM A106 por su resistencia a altas temperaturas.
- Para el transporte de agua de proceso usaremos acero al carbono ASTM A 53 por su bajo costo y por el tipo de proceso.
- Para el transporte de aire usaremos acero al carbono ASTM A 53 galvanizado por su bajo costo y por el tipo de proceso.
- Para el transporte de vapor de agua usaremos acero al carbono ASTM A 106 usaremos acero al carbono por su resistencia a altas temperaturas.

Según Denis (1991) en su libro “The piping guide for the design and drafting of industrial piping systems parte I y II, nos muestra el tipo de conexiones para el diseño y dibujo de sistemas de plantas industrial las cuales mencionaremos y usaremos para el diseño y dibujo de nuestro nuevo sistema de producción de sulfato de cobre pentahidratado.

Tipo de conexión

Una vez determinado el tipo de material que se usará para nuestro nuevo proceso de producción, se procedió a determinar el tipo de uniones a usar para el presente proyecto de investigación. Para tuberías menores a 2” de diámetro se usarán conexiones roscadas y bridadas. Para tuberías mayores a 2” pulgadas se usará el tipo de conexiones soldadas y bridadas.

Diseño de tipo de conexiones

Los tipos de conexiones hacen referencia al tipo de conexión entre tuberías y accesorios.

Unión roscada

Para el transporte de las líneas de suministro de agua de proceso y suministro de aire se usarán tuberías de tipo de conexiones roscadas clase 3000 libras Sch 80 de acero al carbono. (ver figura 72)

Figura 72: Simbología de tipo de conexión roscada threaded fittings

[illegible]

Fuente: Dennis (1991).

Unión soldado tipo socket welding

Para el transporte de las líneas de suministro de ácido clorhídrico (H₂SO₄) y para las líneas de transporte de producción de sulfato de cobre líquido se usarán tuberías de tipo de conexiones soldadas clase 3000 libras Sch 80 de acero al carbono y de acero inoxidable según corresponda. (ver figura 73)

Figura 73: Simbología de tipo de conexión socket welding fittings

SOCKET WELDING FITTINGS - FORGED STEEL										'R' DIMENSIONS INCLUDE EXPANSION GAP - NOTE 1										TABLE D-8			
ELBOWS																							
FULL-COUPLING																							
REDUCER INSERT																							
SOCKET (REDUCING)																							
LATERAL																							
SWAGE																							

PRESSURE CLASS		3000				6000				9000 <small>(Barney Forge)</small>						
NOMINAL PIPE SIZE (NPS)		1/2	3/4	1	1 1/2	2	1/2	3/4	1	1 1/2	2	1/2	3/4	1	1 1/2	2
45 ELL	R	0.50	0.56	0.62	0.88	1.06	0.56	0.62	0.75	1.06	1.19	0.60	0.81	0.88	1.06	1.19
	L	1.00	1.12	1.25	1.38	1.69	1.12	1.25	1.33	1.69	1.75	1.25	1.31	1.36	1.75	2.06
90 ELL, CROSS & STRAIGHT TEE	R	0.89	0.81	0.94	1.31	1.56	0.81	0.94	1.12	1.56	1.69	1.06	1.19	1.31	1.56	2.19
	L	1.12	1.31	1.50	2.00	2.38	1.31	1.50	1.75	2.38	2.50	1.50	1.75	2.00	2.50	3.25

FULL-COUPLING		R	0.50	0.50	0.62	0.62	0.88	0.50	0.50	0.62	0.62	0.88	0.50	0.50	0.62	0.62	0.88
		L	1.38	1.50	1.75	2.00	2.50	1.38	1.50	1.75	2.00	2.50	1.38	1.50	1.75	2.00	2.50
HALF-COUPLING		R	0.94	1.00	1.19	1.31	1.69	0.94	1.00	1.19	1.31	1.69	0.94	1.00	1.19	1.31	1.75
		L	1.38	1.50	1.75	2.00	2.50	1.38	1.50	1.75	2.00	2.50	1.38	1.50	1.75	2.00	2.50
REDUCER INSERT <small>(Barney Forge)</small>	1/2	R	0.94	0.69	0.88	1.06		1.12	1.19	1.12	1.19		1.25	1.19	1.06	1.19	
	3/4		1.00	0.81	1.00			1.19	1.06	1.12			1.31	1.06	1.12		
	1		0.75	0.94					1.25	1.06				1.44	1.06		
	1 1/2		1.31						1.94					2.12			
LATERAL <small>(Barney Forge & Ladco)</small>	R1	2.12	2.56	3.00	4.00	4.81	2.56	3.00	3.56	4.81	1.38	3.12	3.69	4.12	5.00		
	R2	1.69	2.06	2.44	3.25	3.94	2.06	2.44	2.88	3.94	6.06	2.50	2.94	3.31	4.19		
	R3	0.44	0.50	0.56	0.75	0.88	0.50	0.56	0.69	0.88	1.31	0.62	0.75	0.81	0.81		
	L1	3.00	3.56	4.12	5.38	6.44	3.56	4.12	4.81	6.44	5.00	4.12	4.81	5.38	6.62		
	L2	2.12	2.56	3.00	3.94	4.75	2.56	3.00	3.50	4.75	6.88	3.00	3.50	3.94	5.00		
	D	1.31	1.56	1.88	2.50	3.06	1.56	1.84	2.25	3.06	3.62	1.84	2.22	2.50	3.38	4.00	
SOCKET (REDUCING) <small>(Barney Forge)</small>	1/2	1.15	1.28	1.58	1.81		1.48	1.60	1.89	2.12		1.43	1.57	1.86	2.10		
	3/4	1.28	1.50	1.81			1.60	1.89	2.12			1.66	1.90	2.19			
	1	1.79	2.03				1.95	2.19				2.04	2.28				
	1 1/2	2.00					2.12					2.41					
UNION <small>(Barney Forge)</small>	R	1.23	1.28	1.50	2.00	2.19	1.28	1.50	1.83	2.19	2.50						
	L	2.00	2.31	2.44	3.00	3.50	2.31	2.44	2.88	3.50	4.12						
	A	1.94	2.38	2.78	3.72	4.42	2.38	2.78	3.36	4.42	5.23						
SWAGE			2.75	3.00	3.50	4.50	6.50	2.75	3.00	3.50	4.50	6.50	2.75	3.00	3.50	4.50	6.50

(1) "R" DIMENSIONS ("REDUCED RUN" OF PIPE) HAVE BEEN REDUCED TO 1/100-INCH AND INCLUDE 0.06-INCH EXPANSION GAP(S) FOR WELDING. REFER TO "SOCKET-WELDED PIPELINE" - CHART 2.2

(2) DIMENSIONS ARE FROM THE FOLLOWING SUPPLIERS' DATA: BARNEY FORGE, ITT GRINWELL, LADCOH AND VOST

(3) UNLESS THE SUPPLIER IS NOTED, "L" & "R" DIMENSIONS ARE THE LARGEST* QUOTED BY BARNEY FORGE, ITT GRINWELL, LADCOH AND VOST

(4) FITTINGS CONFORM TO ANSI D16.11, EXCEPT LATERALS AND REDUCER INSERTS, WHICH ARE MADE TO MANUFACTURERS' STANDARDS

(5) FOR INFORMATION ON THE BORE DIAMETER AND BATHING OF FITTINGS, REFER TO "SOCKET-WELDED PIPELINE" - CHART 2.2

(6) UNIONS CONFORM TO MSS-59-42

(7) DIMENSIONS FOR INSTALLED SOCKOLETS EXCLUDE THE "ROOT GAP" - REFER TO "DIMENSIONING SPOOLS (WELDED ANATOMIES)" - S-3.3

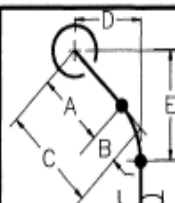
FRACTIONAL	0.06	0.12	0.18	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.88	0.62	0.69	0.75	0.81	0.88	0.94
EQUIVALENT	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	1 1/4	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16

Unión soldada a tope o Butt Welding

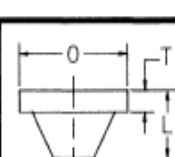
Para el transporte de las líneas de suministro de ácido clorhídrico (H₂SO₄) y para las líneas de transporte de producción de sulfato de cobre líquido se usarán tuberías de tipo de conexiones soldadas tipo Butt Welding clase 150 libras Sch 80 de acero al carbono y de acero inoxidable según corresponda. (ver figura 74)

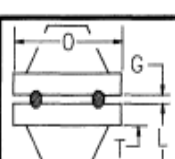
Figura 74: Simbología de tipo de conexión Butt welding

WELDED FITTINGS-FLANGES 150# RFWN												
NOM. PIPE SIZE (mm)		50.8	63.5	76.2	101.6	152.4	203.2	254	304.8	355.6	406.4	457.2
F I T T I N G S	O.D. Of PIPE	60.3	73.0	88.9	114.3	152.4	203.2	254	304.8	355.6	406.4	457.2
	90° L.R. ELL	A	76.2	95.3	114.3	152.4	228.6	304.8	381.0	457.2	533.4	609.6
	45° L.R. ELL	B	34.9	44.5	50.8	63.5	95.3	127.0	158.8	190.5	222.3	254.0
	HALF TEE	C	63.5	76.2	85.7	104.8	142.9	177.8	215.9	254	279.4	342.9
	REDUCER	H	76.2	88.9	88.9	101.6	139.7	152.4	177.8	203.2	330.2	355.6

STD. 90° & 45°		A	76.2	95.2	114.3	152.4	228.6	304.8	381.0	457.2	533.4	609.6
		B	34.9	44.5	50.8	63.5	95.3	127.0	158.8	190.5	222.3	254.0
		C	111.1	139.7	165.1	215.9	323.9	431.8	539.8	647.7	755.7	863.6
		D	79.4	98.4	117.5	152.4	228.6	304.8	304.8	457.2	535.0	611.2
		E	114.3	142.9	168.3	215.9	323.9	431.8	539.8	647.7	757.2	865.2

F A I T T I N G P	90° & WN FLG	139.7	165.1	184.2	228.6	317.5	406.4	482.6	571.5	660.4	736.6	825.5
	TEE & WN FLG	127.0	146.1	155.6	181.0	231.8	279.4	317.5	368.3	406.4	431.8	482.6
	45° & WN FLG	98.4	114.3	120.7	139.7	184.2	228.6	260.4	304.8	349.3	381.0	482.6

F L A N G E S		O	152.4	177.8	190.5	228.6	279.4	342.9	406.4	482.6	533.4	596.9
		L	63.5	69.9	69.9	76.2	88.9	101.6	101.6	114.3	127	127
		T	19.1	22.2	23.8	23.8	25.4	28.6	30.2	31.8	34.9	36.5
		1.6 (mm) RAISED FACE INCLUDED ON 'L' & 'T' DIMENSIONS										

F L A N J E S		O	152.4	177.8	190.5	228.6	279.4	342.9	406.4	482.6	533.4	596.9
		L	69.9	76.2	76.2	82.6	95.3	108	108	120.7	133.4	133.4
		T	25.4	28.6	30.2	30.2	31.8	34.9	36.5	38.1	41.3	42.9
		G	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	3.2	3.2

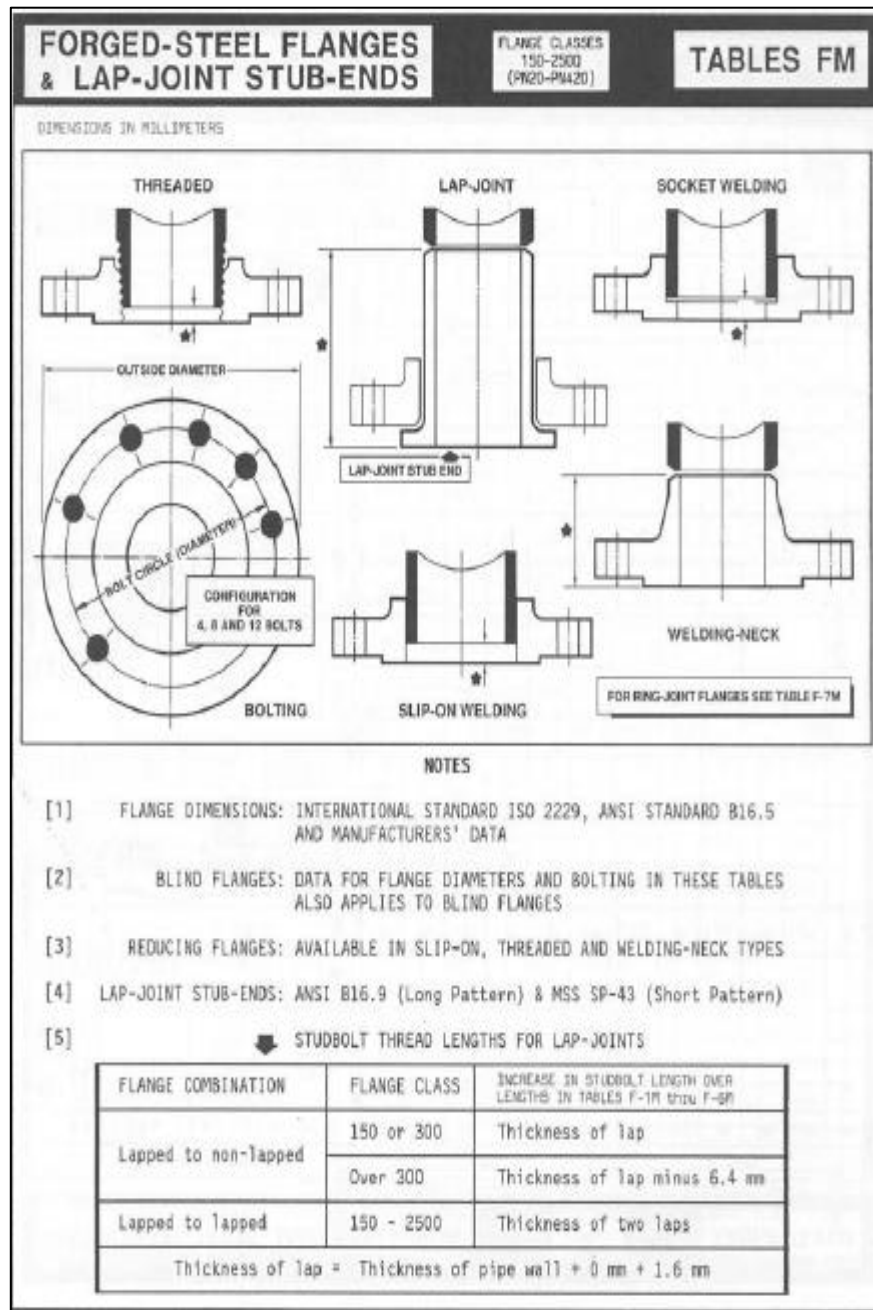
NOTE: ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS 150#

Fuente: Dennis (1991).

Conexiones bridadas

Para el uso de conexiones bridadas, estas pueden representarse como conexión bridada tipo threaded, tipo socket welding y de tipo butt welding. Para nuestro proceso se usarán cualquier tipo de estas conexiones bridas. (ver figura 75)

Figura 75: Simbología de tipo de conexión socket welding fittings



Fuente: Dennis (1991).

Diseño de arreglo general de tuberías

Una vez determinado el área de la implementación del nuevo proceso de producción y establecido los equipos que se utilizarán, así como también las estructuras y plataformas para la disposición del arreglo mecánico de planta, se procederá al diseño de arreglo de tuberías con la finalidad de poder visualizar las líneas de transporte de los diferentes procesos y la conexión a los diferentes equipos

Diagrama de arreglo general tuberías

El diagrama de arreglo de tuberías sirve para la ubicación de las diferentes líneas que intervienen en el nuevo proceso de producción de sulfato de cobre, en este tipo de plano se logra tener una idea de ubicación de las líneas que se interconectarán con los diferentes equipos que se encuentran ubicados en los diferentes puntos del área de trabajo y a diferentes elevaciones. Este tipo de arreglo general de tuberías sirve también para la ubicación e identificación de las líneas de los diferentes procesos en campo y también para el montaje y mantenimiento. (Ver figura 76)

Diagrama de vistas de elevación de tuberías

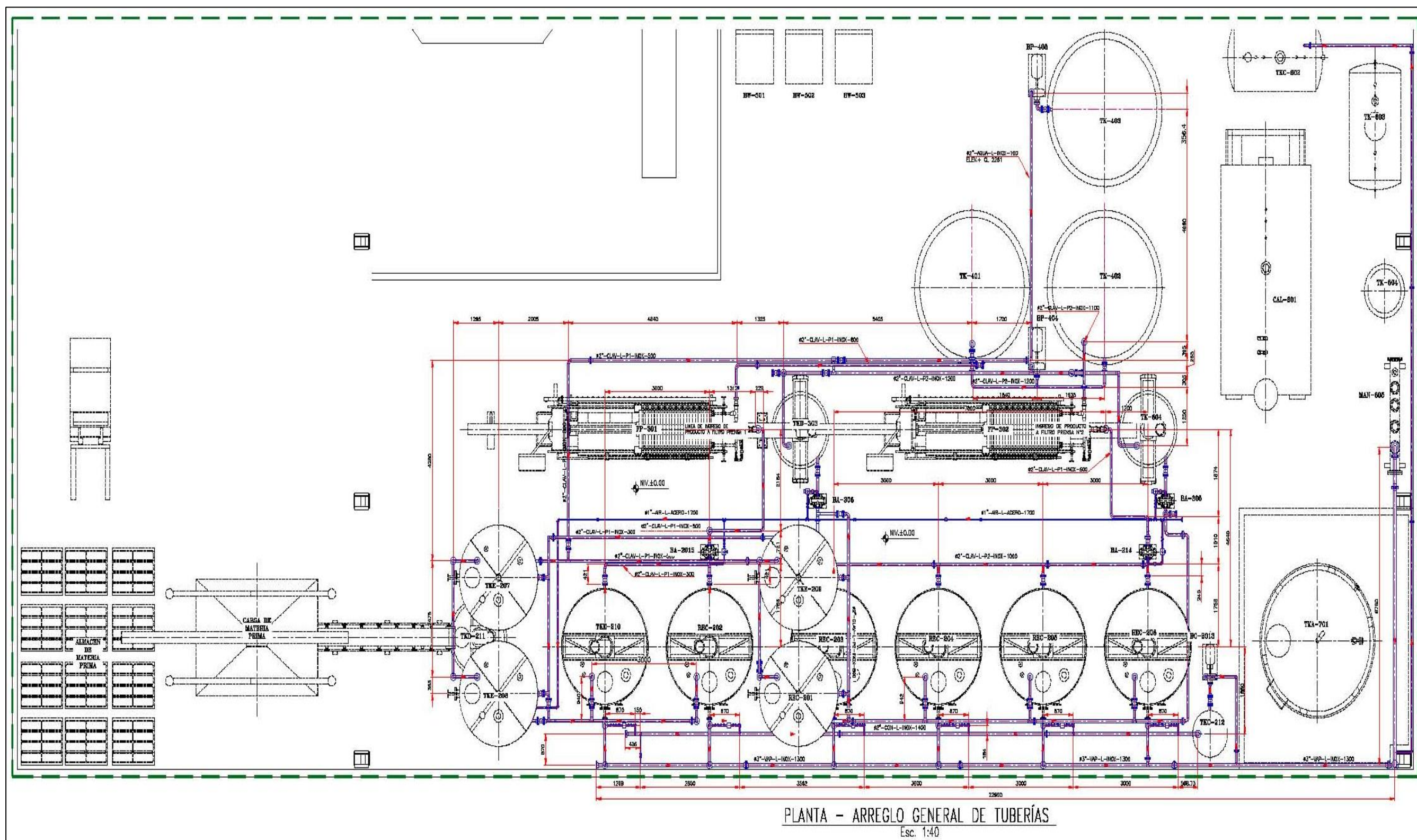
Al igual que los diagramas de arreglo general de tuberías, los diagramas o planos elevación de tuberías son vistas y secciones de las cuales se muestran la ubicación en elevación de las líneas de proceso y suministro. Asimismo, en estos planos solo se pretende mostrar las líneas de piping (tuberías) y con lo cual los otros equipos y estructuras solo se representará de fondo tenue, ya que lo que se busca es ver la disposición de tuberías en el arreglo de planta y elevación, dicho sea de paso, las elevaciones de las tuberías propiamente dicho están mencionadas en metros. (González 2013, p. 54).

Ver vista de elevación en anexo 21 - 29

Vistas isométricas de tuberías

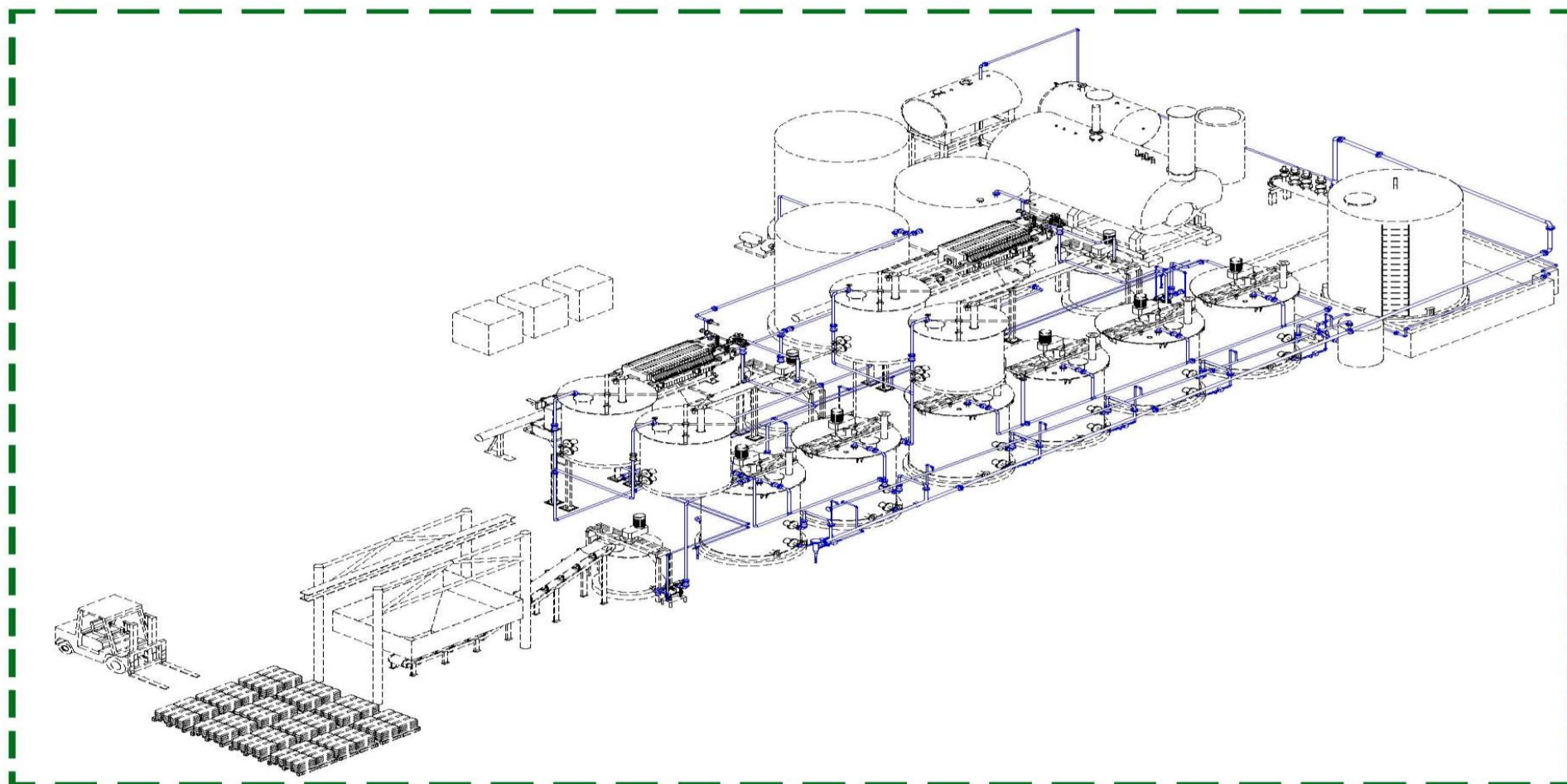
Las vistas isométricas referidos a tuberías son planos que muestra a las líneas de tuberías en tres dimensiones de la cual se tiene una perspectiva de cómo quedará el arreglo y/o ubicación de la planta ya una vez construida. Estas vistas también pueden representarse de manera 3D de forma renderizada la cual sirve para obtener una imagen más real de la planta (González 2013, p. 54). (Ver figura 77 y 78)

Figura 76: Diagrama de arreglo general de tuberías



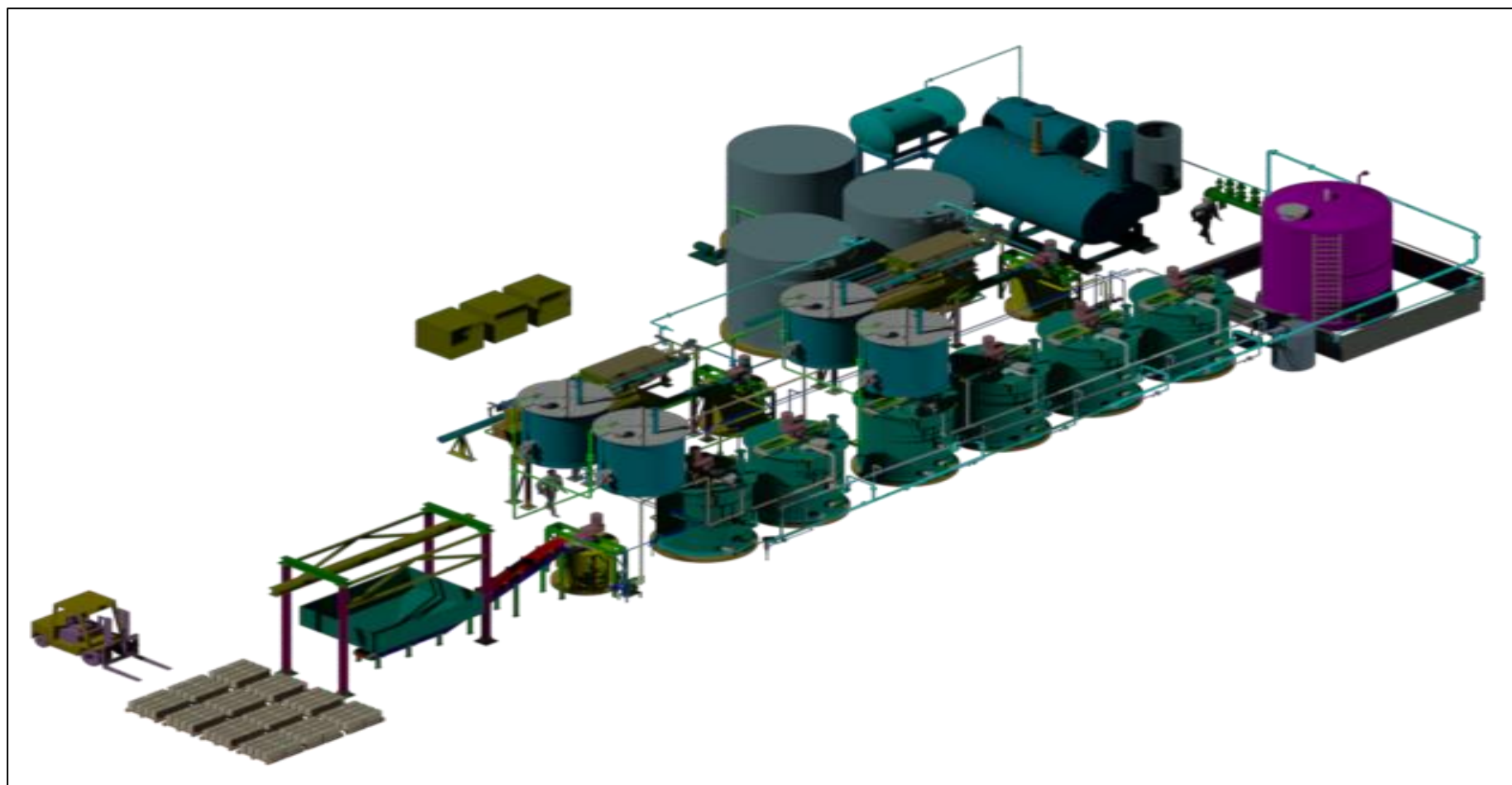
Fuente: Elaboración propia

Figura 77: Diagrama de arreglo general de tuberías



Fuente: Elaboración propia

Figura 78: Diagrama de arreglo general de tuberías



Fuente: Elaboración propia

2.8.6.4. Etapa 4: Plan de implementación

Acondicionamiento de la nueva área de producción

La aplicación de los cálculos de balance de materia se enfocará en determinar la capacidad de producción del nuevo proceso de sulfato de cobre pentahidratado y la determinación de los equipos que intervienen en el nuevo proceso de producción y además, para calcular la estimación del volumen de producción total mensual para los objetivos finales de mejora de la empresa.

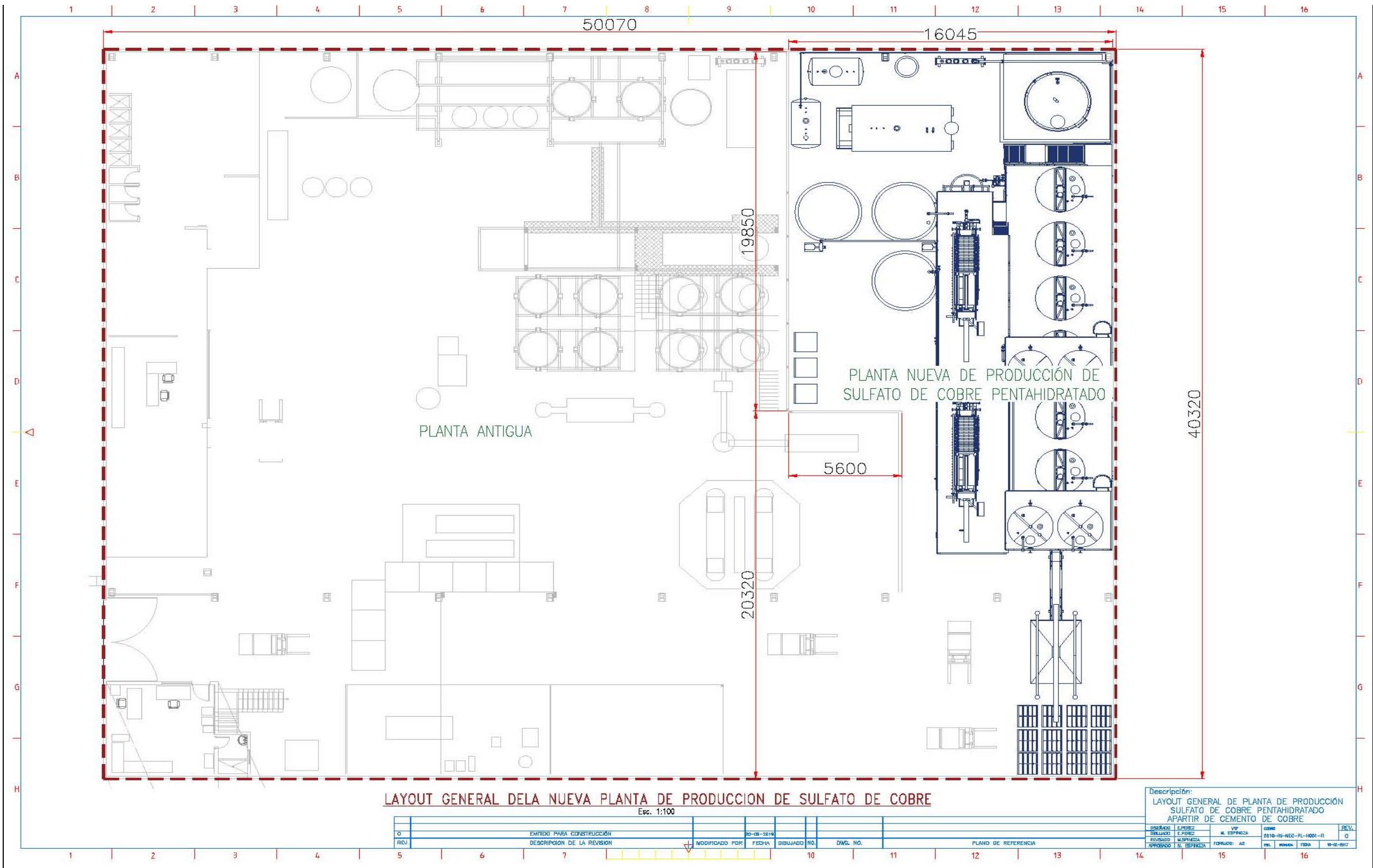
La aplicación del método de Guerchet se enfocará en la determinación del área mínima necesaria que se necesita para la implementación del nuevo proceso de producción de sulfato de cobre, ya que es de vital importancia, debido a que es necesario calcular el área de las máquinas, equipos y personal que intervendrán en el nuevo diseño de ingeniería de proceso de producción.

Para la implementación del nuevo diseño de reingeniería se dispuso de un área de 640 m² siendo este de 16 metros de ancho y 40 metros de largo de un área total de 2000 metros. Cabe mencionar que el actual proceso de producción ocupa un área de 1462 m². El área destinada para la implementación de la reingeniería es un área que actualmente se encuentra fuera de servicio y está ocupa por desperdicios de materiales sólidos como por ejemplo: cables de cobre, elementos metálicos, plásticos, etc. Estos desperdicios y/o materiales en desuso se procedió a evacuar para despejar la nueva área de trabajo para luego proceder a su respectiva implementación. Asimismo, cabe mencionar que para la implementación del nuevo proceso de reingeniería no afectó la actual forma de producción ni la reubicación de alguna máquina y equipo que forma parte del actual proceso de producción.

No obstante, cabe mencionar que los cálculos de áreas con el método de Guerchet proporcionaron un área referencial mínimo necesaria para cada máquina, equipo o persona que intervendrán en el nuevo diseño de proceso de reingeniería. Esta área sirvió para determinar la verdadera área de las máquinas o equipos necesarios según el nuevo diseño de reingeniería de proceso obtenido un área real de 530 m² para la ubicación de las máquinas y equipos del nuevo proceso se procedió al trazado en el eje X Y en el piso con un tiralíneas con la finalidad de obtener la ubicación real de estos elementos siguiendo la lectura de layout de planos de ubicación de equipos según corresponden para luego proceder a su respectivo montaje

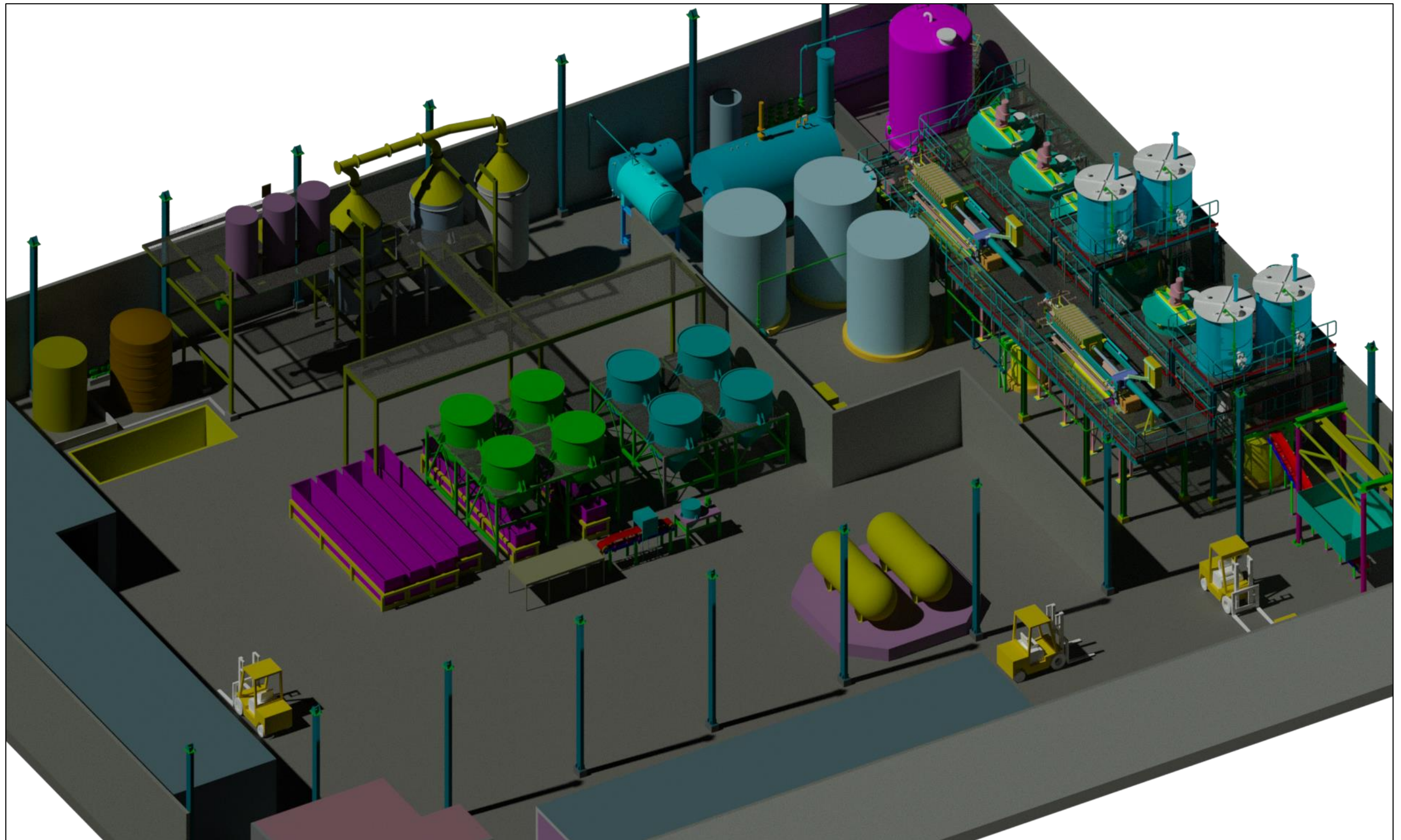
(Ver Figura 79 y 80).

Figura 79: Plano de la nueva área de producción después de la propuesta de mejora



Fuente: Elaboración propia

Figura 80: Plano 3d propuesto de la nueva planta de producción de sulfato de cobre



Fuente: Elaboración propia

Figura 81: Fotos de la implementación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 81 se muestra el proceso de la implementación de las diferentes maquinarias y equipos como: tanques reactores, tanques de agua, tanques de proceso, instalación de filtro prensa. Así como también la habilitación y/o preparación de las tuberías de proceso de producción de sulfato de cobre.

2.9. Resultados de la mejora

Luego de la realización de la reingeniería de proceso se procedió a la distribución física de los equipos y máquinas en las áreas determinadas para cada nuevo proceso de producción del sulfato de cobre con la finalidad de poder determinar y/o calcular el volumen de producción luego de haber hecho la implementación de la reingeniería de proceso.

Requerimiento de Espacio para el nuevo proceso de producción

Con la finalidad de aplicar la reingeniería de proceso a la nueva área de producción de sulfato de cobre; se procedió al cálculo de áreas con el método de Guerchet, la cual fue necesaria para la determinar el espacio mínimo necesario que requiere el nuevo sistema y/o forma de producción y para la distribución y/o ubicación de las maquinarias y o equipos. Además, también cabe resaltar que para la implementación del nuevo proceso de producción se procedió a despejar el área destinada eliminando desperdicios, objetos y materiales solidos que afecten la implementación.

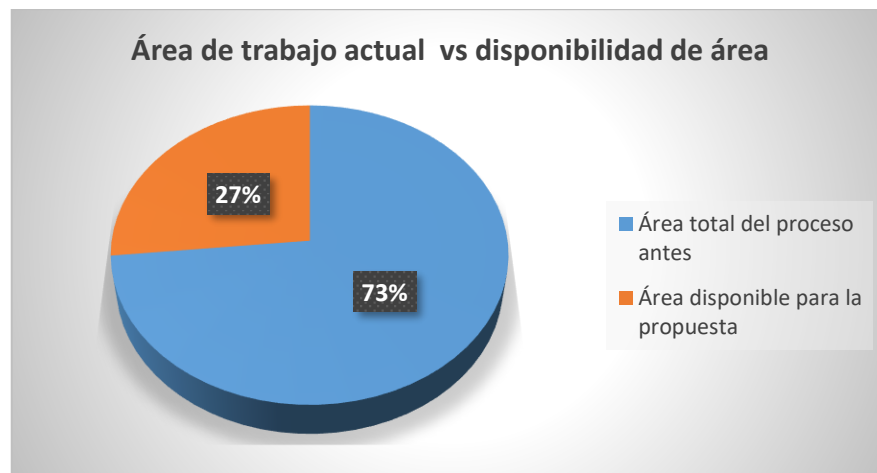
Tabla 44: Área total antes – disponibilidad de área

Área total de la planta	Área total del proceso antes	Área disponible para la propuesta
1993 m2	1463 m2	530 m2

Fuente: Elaboración propia

Conocemos que el área total de la fábrica de producción de sulfato de cobre es de 2000 m2 que corresponde a 50 metros de largo por 40 metros de ancho. De los cuales según la tabla 4, el área útil para el proceso de producción es de 1993 m2. De los cuales actualmente se encuentra utilizando 1463 m2, quedando disponible un área de 530 m2 disponibles para la implementación de nuestro nuevo proceso de producción. Como ya conocemos, esta área es un área que se encuentra fuera de servicio y actualmente funciona como área de acopio. (ver figura 82)

Figura 82: Porcentaje de áreas antes vs disponibilidad de área



Fuente: Elaboración propia

De la figura 81 se puede observar que el proceso actual se encuentra utilizando 73 % del área total de la planta, quedando 27% de área disponible del área total. Cabe resaltar que esta área se encuentra fuera de servicio.

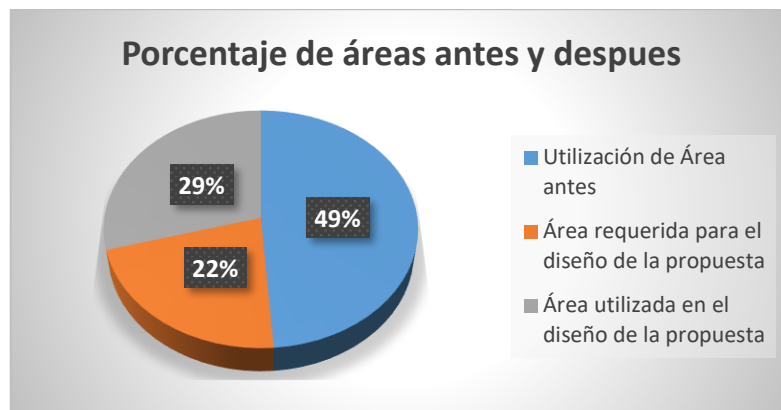
Tabla 45: Área de producción antes y después

Utilización de Área antes	Área requerida para el diseño de la propuesta	Área utilizada en el diseño de la propuesta
883 m2	396 m2	530 m2

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 45 podemos observar que el área de producción de sulfato de cobre antes de la implementación de la reingeniería de procesos fue de 883m2 y del cual según el requerimiento para el nuevo proceso de producción determinado y/o calculado por el método de guerchet fue de 396 m2, teniendo como disponibilidad de área de 530 m2

Figura 83: Porcentaje de áreas antes y después



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 82 se puede observar que después de la implementación de la reingeniería de proceso, el porcentaje comparativo de áreas es de 22% según el cálculo de áreas por el método de guerchet. De las cuales el área disponible para la implementación es de 29% el cual representa un 20% menos que el área del proceso antes de la implementación, el cual está representado por un 49%. Esto quiere decir que gracias al cálculo de áreas por el método de guerchet obtuvo una mejor distribución de áreas.

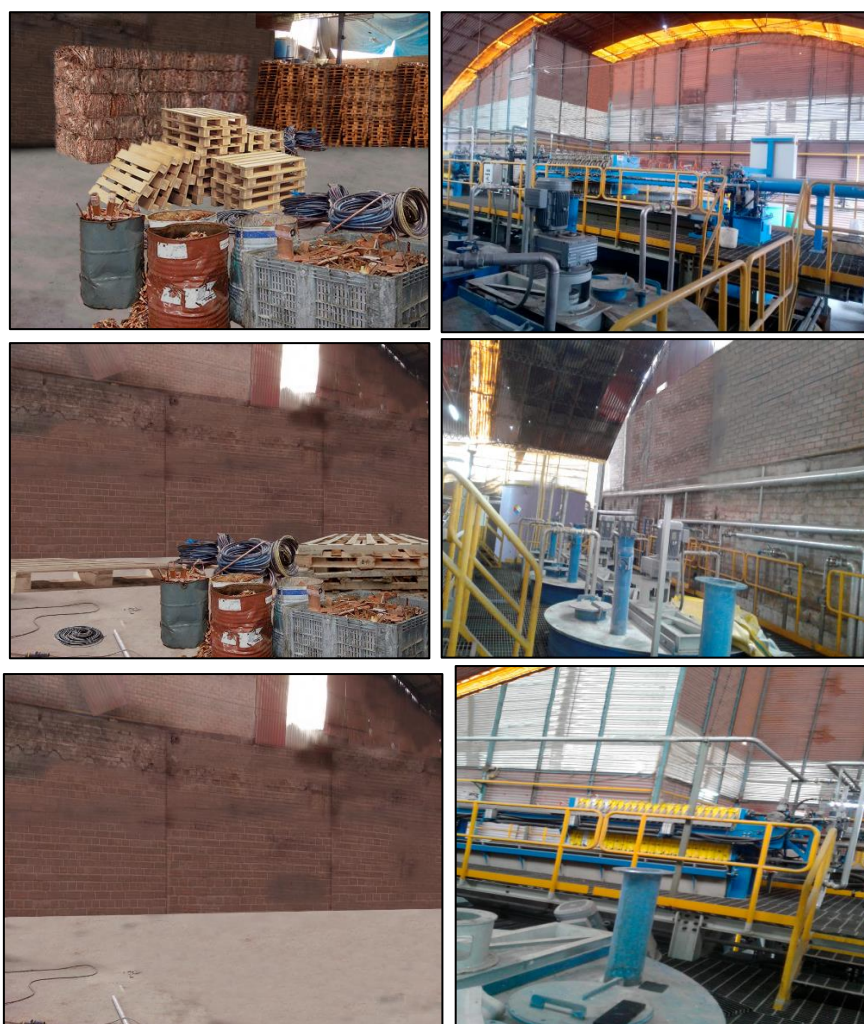
Tabla 46: Indicador de área (Método de Guerchet) Pre – Post

N° DE OBS.	ÁREA	ÁREA UTILIZADA ACTUAL	ÁREA UTILIZADA PROUESTO	$\frac{\text{Área utilizada actual}}{\text{Área requerida}} \times 100\%$
1- ANTES	PRODUCCIÓN	883 m2	396.0 m2	$883 \text{ m2} / 396 \text{ m2} = 2.23 = 223\%$
2 - DESPÚES	PRODUCCIÓN	530 m2	396.0 m2	$530 \text{ m2} / 396 \text{ m2} = 1.34 = 134\%$

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 46 del indicador de áreas se puede observar que el área utilizada actual antes de la implementación de la mejora vs el cálculo de área requerida para el diseño de planta con el método de Guerchet resulta ser mayor al 100% antes de la implementación y después de la implementación de la mejora se puede observar que el área disponible para el nuevo proceso de producción vs el cálculo de requerimiento de área resulta ser mayor en 34% respecto al 100% esto se debe a que se utilizó el área total disponible para el nuevo proceso de producción.

Figura 84: Evidencias fotográficas del antes y después



Fuente: Elaboración propia

De la figura 84 se muestra el proceso antes y después de la implementación en ella se ve que el área destinada para la implementación de la reingeniería de proceso estuvo ocupada por material de reciclaje y como área de acopio. Asimismo, se observa que esta área fue totalmente desocupada para su posterior implementación de las maquinarias y equipos para el nuevo diseño de planta de procesamiento de sulfato de cobre pentahidratado. Se observa claramente después de la implementación la instalación de maquinarias y equipos como filtros prensa, tanques reactores, tanques de ácido sulfúrico, etc. Asimismo, se observa claramente las instalaciones de las redes de tuberías que intervendrán en el proceso de producción.

Tabla 47: Balance de materia de producción de sulfato de cobre liquido (POS- TEST)

BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO (POS - TES)							
SEMANA	UMERO DE REACCIÓN	MAY. 2019	JUN. 2019	JULIO. 2019	AGOST. 2019	SEP. 2019	OCT. 2020
SEMANA-01	REACCIÓN-01	54.01 m3	49.62 m3	51.22 m3	58.93 m3	56.47 m3	59.90 m3
	REACCIÓN-02	60.60 m3	61.49 m3	62.34 m3	52.40 m3	50.30 m3	58.12 m3
SEMANA -02	REACCIÓN-03	61.09 m3	53.24 m3	56.50 m3	54.38 m3	51.81 m3	53.40 m3
	REACCIÓN-04	59.40 m3	51.07 m3	52.51 m3	55.77 m3	61.73 m3	58.14 m3
SEMANA-03	REACCIÓN-05	53.33 m3	54.20 m3	59.48 m3	60.35 m3	49.22 m3	55.22 m3
	REACCIÓN-06	50.84 m3	57.44 m3	59.48 m3	53.22 m3	49.22 m3	59.81 m3
SEMANA-04	REACCIÓN-07	51.07 m3	55.88 m3	55.56 m3	51.37 m3	51.03 m3	57.01 m3
	REACCIÓN-08	49.97 m3	54.70 m3	61.56 m3	52.73 m3	50.11 m3	55.46 m3
TOTAL		440.3 m3	437.6 m3	458.7 m3	439.2 m3	419.9 m3	457.1 m3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 47 se muestra los valores de la producción de sulfato de cobre obtenidos según los cálculos de balance de materia con reacción química después de la implementación de la reingeniería de procesos, estos valores obtenidos corresponden a un periodo de 6 meses que comenzó en el mes abril y finalizó en el mes de septiembre del 2019. Estos valores sirvieron para el posterior cálculo de balance de materia sin reacción química, el cual es la producción de cristales de sulfato de cobre sólido.

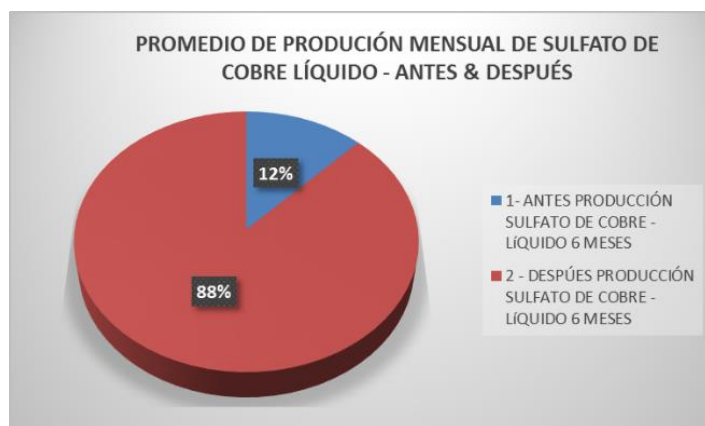
Tabla 48: Indicador de balance de materia de sulfato de cobre liquido (PRE – TEST)

Nº DE OBS.	ÁREA	PRODUCTO	TIEMPO	PROMEDIO DE PRODUCCIÓN MENSUAL	$\frac{\text{cantidad obtenida actual}}{\text{cantida obtenida después}} \times 100\%$
1- ANTES	PRODUCCIÓN	SULFATO DE COBRE - LÍQUIDO	6 MESES	63.3 m3	63 m3 /452.8 m2 = 0.1397 = 13.97%
2 - DESPÚS	PRODUCCIÓN	SULFATO DE COBRE - LÍQUIDO	6 MESES	452.8 m3	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 48 de indicador de balance de materia de sulfato de cobre líquido se observa que después de la implantación de la mejora, el porcentaje de producción de sulfato de cobre antes de la implementación es menor al 100% y después de la implantación de la mejora es mayor al 100% resultando beneficioso la implementación de la reingeniería de proceso.

Figura 85: Porcentaje de producción de sulfato de cobre líquido antes y después



Fuente: Elaboración propia

De la figura 85 se observa que el porcentaje de producción de sulfato de cobre líquido, determinado por el balance de materia es mayor en 88% después de la implementación de mejora y el porcentaje de balance de materia de sulfato de cobre líquido antes de la implantación fue de 12%.

Tabla 49: Balance de materia de producción cristales de sulfato de cobre (POS- TEST)

BALANCE DE MATERIA DE CRISTALES DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO (POS-TES)							
SEMANA	MASA DE CRISTALES SÓLIDOS	MAY. 2019	JUN. 2019	JULIO. 2019	AGOST. 2019	SEP. 2019	OCT. 2020
SEMANA-01	MCS-01	23.845 Tn	21.908 Tn	22.614 Tn	26.017 Tn	24.932 Tn	26.444 Tn
	MCS-02	26.756 Tn	27.145 Tn	27.522 Tn	22.050 Tn	22.205 Tn	25.658 Tn
SEMANA -02	MCS-03	26.972 Tn	23.503 Tn	24.945 Tn	22.875 Tn	22.875 Tn	23.575 Tn
	MCS-04	26.226 Tn	22.545 Tn	23.184 Tn	27.254 Tn	27.254 Tn	25.666 Tn
SEMANA-03	MCS-05	23.543 Tn	23.928 Tn	24.091 Tn	21.731 Tn	21.731 Tn	24.381 Tn
	MCS-06	22.446 Tn	25.359 Tn	26.259 Tn	26.788 Tn	26.788 Tn	26.404 Tn
SEMANA-04	MCS-07	22.547 Tn	24.671 Tn	24.529 Tn	22.530 Tn	22.530 Tn	25.168 Tn
	MCS-08	22.060 Tn	24.150 Tn	27.180 Tn	22.134 Tn	22.124 Tn	24.483 Tn
TOTAL		194.4 Tn	193.2 Tn	200.3 Tn	191.4 Tn	190.4 Tn	201.8 Tn

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 49 se muestra los valores de la producción cristales de sulfato de cobre sólidos obtenidos según los cálculos de balance de materia sin reacción química después de la

implementación de la reingeniería de procesos, estos valores obtenidos corresponden a un periodo de 6 meses que comenzó en el mes abril y finalizo en el mes de septiembre del 2019.

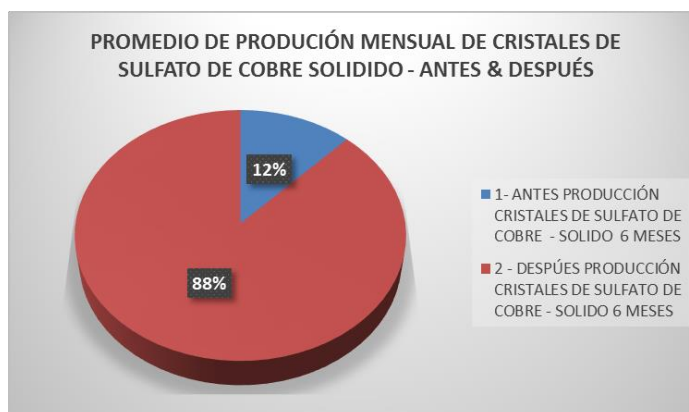
Tabla 50: Indicador de balance de materia de sulfato de cobre solido (Pre – Post)

N° DE OBS.	ÁREA	PRODUCTO	TIEMPO	PROMEDIO DE PRODUCCIÓN MESNSUAL	$\frac{\text{cantidad obtenida actual}}{\text{cantidad obtenida después}} \times 100\%$
1- ANTES	PRODUCCIÓN	CRISTALES DE SULFATO DE COBRE SOLIDO	6 MESES	27.5 Tn	$27. \text{ Tn} / 199.4 \text{ Tn} = 0.135 = 13.5\%$
2 - DESPUÉS	PRODUCCIÓN	CRISTALES DE SULFATO DE COBRE SOLIDO	6 MESES	199.4 Tn	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 50 de indicador de balance de materia de cristales de sulfato de cobre solido se observa que después de la implantación de la mejora, el porcentaje de producción de sulfato de cobre antes de la implementación es menor al 100% y después de la implantación de la mejora es mayor al 100%, resultando beneficioso la implementación de la reingeniería de proceso.



Figura 86: Porcentaje de producción de sulfato de cobre solido antes y después



Fuente: Elaboración propia

De la figura 86 se observa que el porcentaje de producción de cristales de sulfato de cobre sólido, determinado por el balance de materia sin reacción, es mayor en 88% después de la implementación de mejora y el porcentaje de balance de materia de cristal de sulfato de cobre sólido antes de la implantación fue de 12%. Demostrando así que la implantación de la reingeniería de proceso fue de gran ayuda para aumentar la producción.

Tabla 51: Tiempo de ciclo de producción total (POS - TES)

BALANCE DE MASA (m3 & Tn) Y TOMA DE TIEMPO DE CICLO DE PRODUCCION (POS-TES) min							
PRODUCTO:	SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	<div>   </div>					
OBSERVACIÓN:	TIEMPO OBSERVADO						
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO	VOLUMEN DE DE PRODUCCIÓN						
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE SOLIDO	MASA DE CRISTALES PRODUCIDOS						
RESPONSABLE:	EDER PÉREZ ABAD						
DECHA:	Abril a Septiembre del 2019						
MES		MAYO. 2019	JUN. 2019	JUL. 2019	AGO. 2019	SEP. 2019	OCT. 2019
Nro	OCHO REACCIONES x MES	8R	8R	8R	8R	8R	8R
ITEM	ACTIVIDADES 8 REACCIONES x MES	MES-01	MES-02	MES-03	MES-04	MES-05	MES-06
1	RECEPCION DE MATERIA PRIMA	20 min	20 min	17 min	18 min	19 min	18 min
2	TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA ATOLVA	30 min	24 min	26 min	27 min	28 min	29 min
3	TRANSPORTAR AL ÁREA DE PROCESO DE LAVADO DE MATERIA PRIMA	45 min	44 min	44 min	44 min	43 min	42 min
4	LAVADO DE MATERIA PRIMA	70 min	75 min	73 min	71 min	76 min	74 min
5	INSPECCIONAR DE LAVADO DE MATERIA PRIMA	10 min	10 min	9 min	8 min	9 min	8 min
6	TRANSPORTE AL ÁREA DE PROCESO DE FILTRO PRENSA 1	60 min	58 min	59 min	61 min	57 min	55 min
7	PROCESO DE FILTRADO DEL LAVADO DE MATERIA PRIMA	180 min	200 min	190 min	191 min	197 min	205 min
8	TRANSPORTAR DE LAVADO DE MATERIA PRIMA A LOS REACTORES	45 min	42 min	46 min	43 min	47 min	45 min
9	ADICIÓN DE REACTANTES	91 min	98 min	85 min	89 min	83 min	90 min
10	REACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA MEZCLA	7254 min	6890 min	7125 min	6985 min	6500 min	7365 min
11	INSPECCIONAR	22 min	22 min	21 min	21 min	21 min	25 min
12	TRANSPORTE DE LA MEZCLA AL ÁREA DE PROCESO DE FILTRO PRENSA 2	110 min	100 min	115 min	115 min	118 min	117 min
13	PROCESO DE FILTRADO DE LA MEZCLA EN FILTRO PRENSA 2	170 min	180 min	185 min	190 min	175 min	186 min
14	INSPECCIONAR	25 min	30 min	28 min	26 min	25 min	26 min
15	TRANSPORTE DE LA MEZCLA A LOS CRISTALIZADORES	80 min	10 min	10 min	10 min	9 min	14 min
16	FORMACION DE CRISTALES A CONDICIONES NORMALES	4126 min	4315 min	4879 min	5254 min	3948 min	4256 min
17	INSPECCIONAR	22 min	22 min	23 min	23 min	21 min	21 min
18	COSECHA DE LOS CRISTALES DE COBRE	2125 min	2340 min	2065 min	2236 min	2365 min	2223 min
19	ESCURRIMIENTO DE LA COSECHA	813 min	818 min	860 min	837 min	853 min	800 min
20	TRANSPORTE DE COSECHA A LA CENTRIFUGADORA	809 min	828 min	831 min	864 min	814 min	835 min
21	CENTRIFUGACIÓN	2559 min	2606 min	2624 min	2686 min	2759 min	2587 min
22	INSPECCIONAR	23 min	23 min	23 min	22 min	20 min	21 min
23	SECADO	1570 min	1558 min	1547 min	1601 min	1588 min	1568 min
24	PROCESO DE TAMIZADO	1334 min	1247 min	1220 min	1272 min	1159 min	1215 min
25	TRANSPORTE AL ÁREA DE EMPACADO Y PESADO	850 min	835 min	815 min	848 min	759 min	814 min
26	PESADO Y EMPACADO	6336 min	6269 min	6229 min	6429 min	6254 min	6158 min
27	TRANSPORTE AL ÁREA DE ALMACEN	67 min	70 min	68 min	68 min	70 min	60 min
TIEMPOS TOTALES EN HORAS		480.8 Hrs	478.9 Hrs	486.9 Hrs	500.7 Hrs	467.0 Hrs	480.9 Hrs
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO		440.30 m3	437.60 m3	458.70 m3	439.10 m3	419.90 m3	457.00 m3
BALANCE DE MATERIA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE SOLIDO		194.4 Tn	193.2 Tn	200.3 Tn	191.4 Tn	190.4 Tn	201.8 Tn
VALOR PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN							
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE SULFATO LIQUIDO			442.10 m3				
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE MASA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE			195 Tn				
PROMEDIO DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN MENSUAL			482.5 Hrs				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 51 se muestra el tiempo de ciclo de producción que demora todo el proceso de producción de cristales de sulfato de cobre pentahidratado como producto final. En dicha tabla se observa el tiempo promedio el cual es de 482.5 hh (Horas Hombre) el cual tiene un equivalente a 24 días de trabajo.

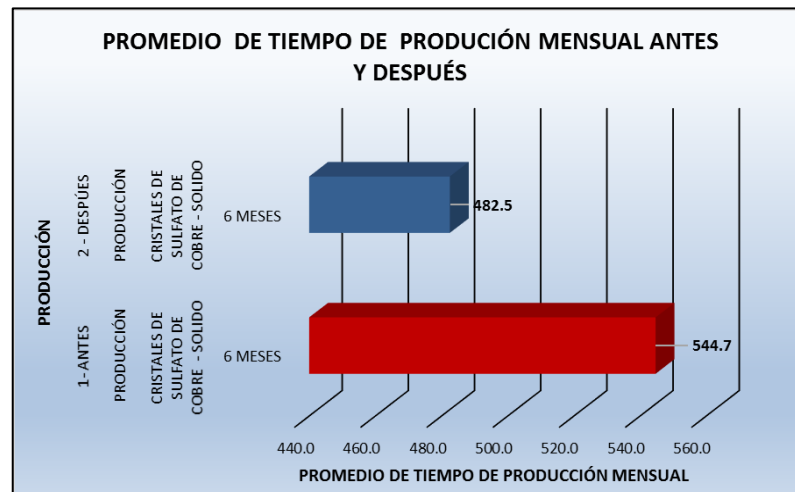
Tabla 52: tiempo de ciclo promedio antes y después (POS- TEST)

N° DE OBS.	ÁREA	PRODUCTO	TIEMPO	PROMEDIO DE TIEMPO DE PRODUCCION PRODUCCIÓN MENSUAL
1- ANTES	PRODUCCIÓN	CRISTALES DE SULFATO DE COBRE - SOLIDO	6 MESES	544.7 Hrs
2 - DESPUÉS	PRODUCCIÓN	CRISTALES DE SULFATO DE COBRE - SOLIDO	6 MESES	482.5 Hrs

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 52 se observa el valor numérico del promedio del tiempo de ciclo de producción antes, el cual es de 544.7 y el valor numérico del promedio de tiempo de ciclo de producción después de la implementación el cual resulto ser de 482.5 durante un periodo de tiempo de producción de 6 meses.

Figura 87: Tiempo promedio de producción mensual antes y después



Fuente: Elaboración propia

La figura 87 se puede observar el tiempo promedio de ciclo de producción antes y después de la implementación. De las cuales se observa que el tiempo promedio de ciclo antes (544.7) es menor que el tiempo promedio de ciclo después (482.5) de la implementación. Esto se justifica debido a que son distintos tipos de proceso para la obtención de sulfato de cobre pentahidratado.

2.10. Análisis de los resultados del indicador de la variable dependiente

Después de la etapa de desarrollo e implementación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención del sulfato de cobre, se procederá a la realización del análisis de la dimensión dependiente, la cual es la productividad. Asimismo, también analizaremos la eficiencia y eficacia.

Productividad:

Para el desarrollo del análisis de la productividad se procederá a la realización del cálculo con los datos obtenidos antes y después de la implementación de la reingeniería de procesos. Cabe mencionar que los datos para el cálculo de la productividad antes y después; se dará

del promedio de la medición obtenida semanalmente durante el periodo de 6 meses antes y después (ver anexo N°13 y N°14).

con ello analizaremos cuán productivo fue la implementación de la reingeniería de procesos,

Productividad antes de la implementación:

La productividad antes de la implementación está relacionada con el tiempo de producción por mes en horas y la cantidad promedio de producción por mes de cristales de sulfato de cobre pentahidratado obtenidos en toneladas.

$$\textbf{Productividad} = \frac{\textbf{Promedio de producción x mes en } t}{\textbf{Tiempo total de producción propuesto } h}$$

Dónde:

3 turnos de 8 horas x 6 días x 4 semanas = 576 h

Producción promedio obtenida = 27.5 t

$$P = \frac{27.5 \text{ t}}{576 \text{ h}} = 0.048 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

El valor de la producción de la **productividad antes** de la implementación de la reingeniería de procesos es 0.05 t/h

Productividad después de la implementación:

La productividad antes de la implementación está relacionada con el tiempo de producción por mes en horas y la cantidad promedio de producción por mes de cristales de sulfato de cobre pentahidratado obtenidos en toneladas.

Donde:

3 turnos de 8 horas x 6 días x 4 semanas = 576 h

Producción promedio obtenida = 199.4 t

$$P = \frac{199.4 \text{ t}}{576 \text{ h}} = 0.346 \text{ t/h}$$

El valor de la producción de la **productividad después** de la implementación de la reingeniería de procesos es 0.35 t/h

Análisis de la productividad antes y después.

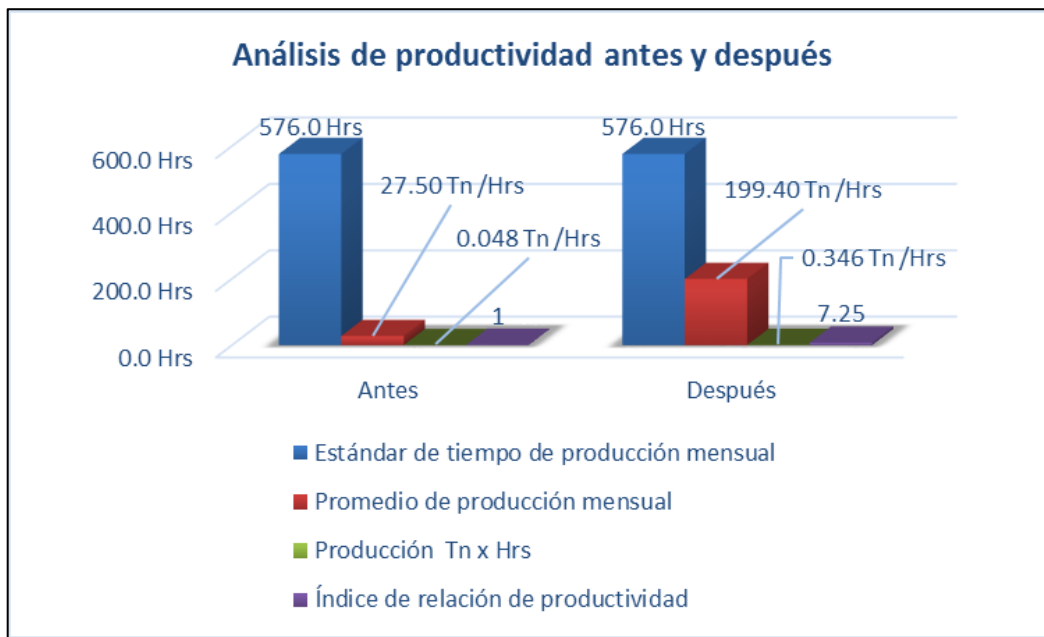
Para el análisis del cálculo de la productividad se tomó como referencia el tiempo de trabajo estándar de 8h diarias por 3 turnos por 6 días por 4 semanas, el cual equivalen a 576 h mensuales. Asimismo, también se tomó como referencia el promedio de la producción mensual antes y después de la propuesta de mejora. Obteniendo como resultado que la productividad antes fue de 0.048 t / h y la productividad después es de 0.346 t / h con lo cual se evidencia un incremento de la productividad después de la implementación de la reingeniería de procesos de 0.298 t / h el cual representa un incremento porcentual de 725.09 % el cual equivale a un índice de relación de proporcionalidad de la productividad de 7.25 a 1 (ver tabla 53 y figura 88)

Tabla 53: Tabla de Análisis de datos de la productividad antes y después

Producción	Estándar de tiempo de producción mensual	Promedio de producción mensual	Producción Tn x Hrs	Índice de relación de productividad
Antes	576.0 Hrs	27.50 Tn /Hrs	0.048 Tn /Hrs	1
Después	576.0 Hrs	199.40 Tn /Hrs	0.346 Tn /Hrs	7.25

Fuente: Elaboración propia

Figura 88: Gráfica de análisis de datos de la productividad antes y después



Fuente: Elaboración propia

Eficiencia antes y después de la implementación:

Para el análisis de la eficiencia antes y después de la implementación tomaremos como base de dato el valor numérico del tiempo de producción de 576 horas mensuales programadas y/o establecidas por la empresa **revasac**. Asimismo, tomaremos como base de datos para el cálculo de la eficiencia antes y después de la implementación al tiempo de producción promedio real antes y después de la implementación de la reingeniería de proceso que será utilizado para el cálculo de la eficiencia.

$$Eficiencia = \frac{\text{Tiempo de producción actual}}{\text{Tiempo de producción propuesto}} \times 100\%$$

Eficiencia antes de la implementación:

Para el cálculo de la eficiencia antes se tomó como tiempo programado y/o propuesto al tiempo de producción mensual establecido por la empresa el cual es de 576 h x mes y para el tiempo de producción actual se tomó el promedio de tiempo de producción real el cual es de 544.7 h

Dónde:

3 turnos de 8 horas x 6 días x 4 semanas = 576 h

Tiempo de producción real antes = 544.7 h

$$Efi = \frac{544.7 h}{576 h} = 0.9456 \rightarrow Efi = 94.56\%$$

El valor porcentual de la de la eficiencia antes de la implementación de la reingeniería de procesos es 94.57 %

Eficiencia después de la implementación:

Para el cálculo de la eficiencia después se tomó como tiempo programado y/o propuesto al tiempo de producción mensual establecido por la empresa el cual es de 576 h x mes y para el tiempo de producción actual se tomó el promedio de tiempo de producción real el cual es de 482.5 h x mes.

Donde:

3 turnos de 8 horas x 6 días x 4 semanas = 576 h

Tiempo de producción real después = 482.5 h

$$Efi = \frac{482.5 h}{576 h} = 0.837 \rightarrow Efi = 83.76\%$$

El valor porcentual de la de la eficiencia después de la implementación de la reingeniería de procesos es 83.76 %

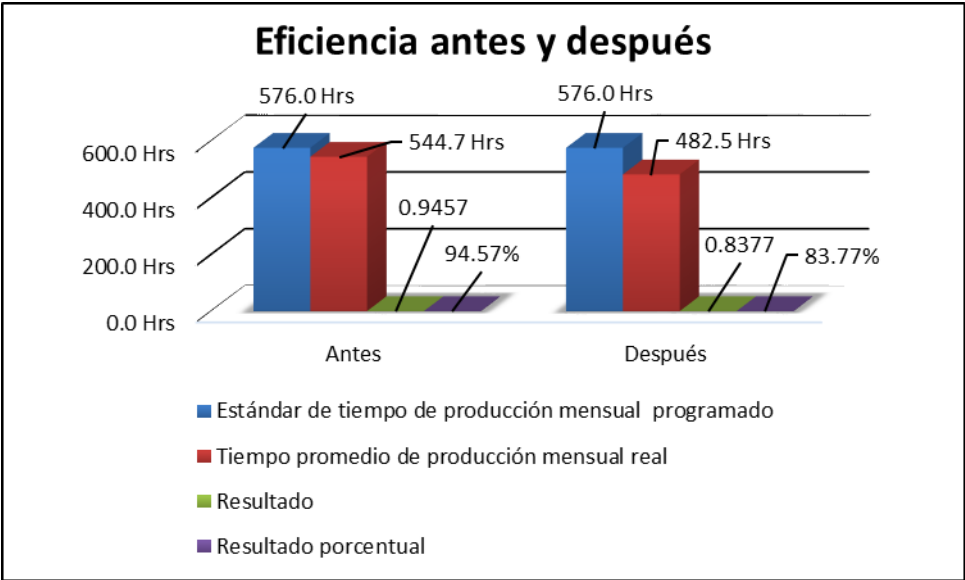
Análisis de la eficiencia antes y después de la implementación:

Tabla 54: Tabla de análisis de datos de la Eficiencia antes y después

Eficiencia	Estándar de tiempo de producción mensual programado	Tiempo promedio de producción mensual real	Resultado	Resultado porcentual
Antes	576.0 Hrs	544.7 Hrs	0.9457	94.57%
Después	576.0 Hrs	482.5 Hrs	0.8377	83.77%

Fuente: Elaboración propia

Figura 89: Gráfica del valor promedio de la Eficiencia antes y después



Fuente: Elaboración propia

De la figura 89 se puede observar que el valor porcentual del tiempo de la eficiencia antes fue de 94.57% y el valor porcentual del tiempo de la eficiencia después fue de 83.77%, teniendo una diferencia de 10.8%, el cual representa un incremento en la eficiencia de 11.42%. Por lo tanto, esto quiere decir que el tiempo de producción disminuyó lo cual resulta ser más eficiente.

Eficacia antes y después de la implementación:

Para el análisis de la eficacia antes y después de la implementación tomaremos como base de dato el valor numérico promedio mensual de la producción obtenida y/o lograda antes y después de la implementación de la reingeniería de procesos durante el periodo de 6 meses.

Asimismo, también solo para efectos de comparación de la eficacia antes y después, se determinó que el valor numérico de la producción planificada será 95 t x mes el cual fue establecido por la empresa REVASAC.

$$Eficacia = \frac{\textit{Producción lograda}}{\textit{Producción Planificada}} \times 100\%$$

Eficacia antes de la implementación:

Para el cálculo de la eficacia antes se tomó como base de datos al valor numérico de la producción lograda y/o obtenida, al promedio mensual durante el periodo de tiempo de 6 meses el cual es 27.5 t x mes. y el valor numérico de la producción planificada fue establecido por la empresa revasac el cual es de 95 t x mes establecido por la empresa.

Dónde:

Producción promedio obtenida = 27.5 t

Producción planificad = 95 t

$$Efica = \frac{27.5 t}{95 t} = 0.289 \rightarrow Efica = 28.9\%$$

El valor de la de la eficacia antes de la implementación de la reingeniería de procesos es 28.9 %

Eficacia después de la implementación:

Para el cálculo de la eficacia después de la implementación se tomó como base de datos al valor numérico de la producción lograda y/o obtenida, al promedio mensual durante el periodo de tiempo de 6 meses el cual es 199.4 t x mes. y el valor numérico de la producción planificada fue establecido por la empresa revasac el cual es de 95 t x mes; cabe mencionar que solo para efectos de comparación el dato del valor de la producción planificada será lo establecido por la empresa antes de la implementación el cual es igual 95 t x mes.

Dónde:

Producción promedio obtenida = 199.4 t

Producción planificada = 95 t

$$Efica = \frac{199.4 t}{95 t} = 2.098 \rightarrow Efica = 209.89\%$$

El valor de la de la eficacia después de la implementación de la reingeniería de procesos es 209.89%

Análisis de la eficacia antes y después de la implementación:

Para efectos de análisis de comparación de la eficacia debido a que son dos procesos de producción distintos se tomó como producción planificada al valor establecido por la empresa **revasac el cual es de 95 t x mes.**

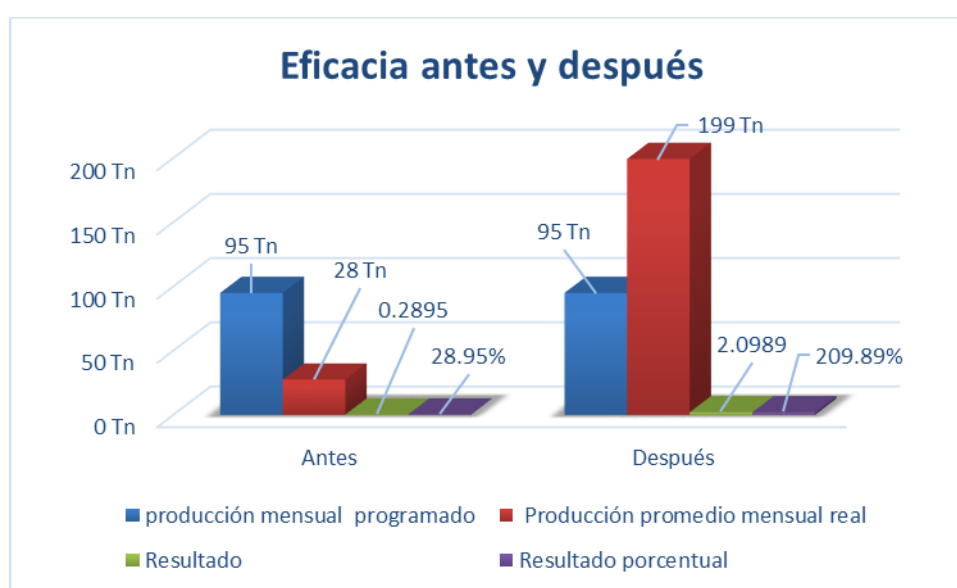
- El valor de la eficacia antes de la implementación de la reingeniería de procesos es 28.9 % siendo menor a la meta establecida por la empresa
- El valor de la de la **eficacia después** de la implementación de la reingeniería de procesos es 209.89 %, siendo este muy eficaz para el valor de las metas producción establecido por la empresa

Tabla 55: Tabla de Análisis de datos de la Eficacia antes y después

Eficacia	producción mensual programado	Producción promedio mensual real	Resultado	Resultado porcentual
Antes	95 Tn	28 Tn	0.2895	28.95%
Después	95 Tn	199 Tn	2.0989	209.89%

Fuente: Elaboración propia

Figura 90: Gráfica de análisis de datos de la Eficacia antes y después



Fuente: Elaboración propia

2.11. Análisis económico financiero

Después de la etapa de desarrollo e implementación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención del sulfato de cobre se procederá a la realización del análisis económico financiero. Este análisis financiero se realizará con la recopilación de los datos obtenidos antes y después de la implementación. Cabe mencionar que la totalidad de la inversión del costo de la implementación del proyecto lo asumirá la empresa QUIMTIA SA en conformidad con la empresa REVASAC. Según el muto acuerdo de plan estratégico de productividad en la obtención de sulfato de cobre.

Asimismo, el análisis económico financiero se realizará con el propósito de la realización y obtención del análisis de los beneficios económicos que se logró al realizar la implementación de la reingeniería de procesos en el cual se cambió la forma del proceso de producción de sulfato de cobre.

(*) Cabe resaltar que el dato del precio de costo de producción de 1 Tn cristales de sulfato de cobre pentahidratado fue determinado y proporcionado por la empresa (ver tabla 56).

Tabla 56: Resumen de costos de inversión por tonelada producidas

Descripción	Costo S/. x Tn
Cemento de cobre	S/ 2,800.00
Ácido sulfúrico	S/ 242.06
Agua	S/ 7.30
Mano de obra Directa (MOD)	S/ 59.25
Mano de obra Indirecta (MOI)	S/ 85.40
Gas natural	S/ 72.19
Energía eléctrica	S/ 17.33
Mantenimiento industrial de planta	S/ 15.26
Depreciación (costo total de la inversión)	S/ 163.31
Elementos consumibles	S/ 28.89
Recursos Humanos	S/ 21.50
Seguridad industrial de planta	S/ 10.40
Tratamientos de efluentes generados	S/ 28.20
Disposición de efluentes generados	S/ 183.05
otros	S/ 35.14
Costo S/. x Tn producida en soles	S/ 3,769.28
Costo \$. x Tn x producida en dólares	US\$1,121.81

Fuente: REVASAC

De la tabla 56 de resumen de costos por tonelada producida, se observa los costos a nivel general, esto quiere decir, que para la producción de una tonelada métrica de cristales de sulfato de cobre se invierte S/. 3769.28 soles, equivalente a US\$ 1,121.81 dólares americanos.

Adicionalmente se mostrarán los costos de producción y de ventas mensuales en la tabla 57

Tabla 57: Estimación de costos de producción y ventas mensuales

COSTO DE PRODUCCIÓN x TONELADA	
Costo de producción x tonelada en dólares	US\$1,121.81
Costo de producción x tonelada en soles	S/ 3,769.28
PRECIO DE VENTA x TONELADA	
Estimado de precio de venta en \$. x Tn	US\$1,882.00
Igv 18%	US\$338.76
Precio de venta real x tonelada en dólares + IGV	US\$2,220.76
Precio de venta real x tonelada en soles +IG	S/ 7,461.75
COSTO DE PRODUCCIÓN MENSUAL x 200 Tn	
Costo de producción mensual x 200 Tn en dólares	US\$224,361.78
Costo de producción mensual x 200 Tn en soles	S/ 753,855.58
VENTAS MENSUALES x 200 Tn + IGV	
Ventas mensual x 200 Tn en dólares	US\$444,152.00
Ventas mensual x 200 Tn en soles	S/ 1,492,350.72
VENTAS MENSUALES x 200 Tn SIN IGV	
Ventas mensual x 200 Tn en dolares	US\$376,400.00
Ventas mensual x 200 Tn en soles	S/ 1,264,704.00
COSTO TOTAL DE INVERSIÓN DEL PROYECTO	
costo total de inversión del proyecto en dólares	US\$972,100.65
costo total de inversión del proyecto en soles	S/ 3,266,258.18

Fuente: REVASAC

la tabla 57 muestra el resumen de costos de producción mensual de x 200 Tn de cristales de sulfato de cobre el cual equivale a S/. 753,855.58 soles. Asimismo, también muestra el precio de venta x tonelada en dólares + IGV, el cual es de 2,220.76 dólares y también se muestran las ventas totales sin IGV el cual es de S/. 1,264.704 soles. Estos datos generales se tomarán para la evaluación del margen de contribución que servirá como dato para el análisis de la viabilidad del proyecto con el beneficio costo y asimismo, para la evolución del proyecto con el VAN y TIR.

Cabe precisar que los datos de la tabla 55 fueron proporcionados por la empresa

Evaluación del margen de contribución

Ventas total mensual de 200 Tn sin IGV	S/ 1,264,704.00
--	-----------------

Costo total mensual de producción de 200 Tn	S/ 753,855.58
---	---------------

Magen de contribución = Ventas totales - Costos totales

El margen de contribución para la empresa es:

$$\text{S/. } 510,848.42 = \text{S/. } 1,264,704.00 - \text{S/. } 753,855.58$$

El resultado del margen de contribución el cual fue de S/. 510,848.42 soles se considerará como ingreso para la empresa, para la elaboración del flujo de caja; y se considerará como egreso a la inversión que implicó el desarrollo del proyecto el cual fue de a **US\$ 972,100.65** dólares o **s/. 3,266,258.18** soles. todos estos datos servirán para la elaboración del flujo de caja.

2.11.1. Análisis de beneficio - costo

Para poder establecer la viabilidad del proyecto, se ha realizado el análisis beneficio costo. En el cual el resultado del valor calculado serviría para la toma de decisiones, en el cual se decidirá si el proyecto es viable o no.

El valor numérico calculado para el beneficio costo resulta de la división de todo el beneficio anual sobre la inversión total. De esta manera si el valor numérico calculado resulta ser mayor a 1 entonces el proyecto es viable y si el valor numérico es menor a 1 el proyecto no es viable.

$$\text{Beneficio} - \text{costo} = \frac{B}{C}$$

$B/C > 1$ El proyecto es viable

$B/C = 1$ El proyecto es indiferente

$B/C < 1$ El proyecto no es viable

En la tabla 58 se muestra los valores numéricos para el cálculo de beneficio-costo. No obstante, el valor del impuesto a la renta será del 30% anual para todas las empresas que superen en sus ventas **15 UIT “unidad impositiva tributaria”**

Tabla 58: Tabla de análisis Beneficio/costo

DESCRIPCIÓN	ANTES	DESPUÉS	DIFERENCIA
Produccion mensual	27	200	173
Produccion anual	324	2400	2076
Margen de contribución			S/ 510,848.42
Beneficio anual			S/ 1,060,521,316.1
Impuesto a la renta (30%)			S/ 318,156,394.83
Utilidad neta			S/ 742,364,921.27
Inversión			S/ 3,266,258.18
Beneficio costo			S/ 227.28

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 58 se observa que resultado del beneficio costo es 227.28, cuyo valor numérico es mayor a 1, y según el indicador de beneficio costo si el valor numérico resulta ser mayor a uno el proyecto es viable. Con lo cual se puede interpretar que por cada sol que se invierte en el proyecto, el valor de la ganancia obtenida es 226.28 soles.

2.11.2. Análisis del VAN & TIR

Para la evaluación del análisis del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno, se procederá al desarrollo del flujo de caja el cual tendrá un tiempo de consideración de un periodo de 12 meses. Con la finalidad de poder determinar la viabilidad del proyecto.

Para la determinación de la viabilidad del proyecto, se procederá al cálculo matemático con las herramientas de cálculo económico financiero las cuales son el VAN y TIR. Cabe mencionar que para la evaluación y/o determinación del VAN la tasa será del 12% anual establecido y/o determinado por la empresa la cual considera como la tasa de retorno de la inversión.

Formulas establecidas para el VAN y TIR:

Valo Anual Neto (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j}$$

Donde: FN_j = Flujo Neto en el período j

Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+TIR)^j}$$

Donde: FN_j = Flujo Neto en el período j

Dónde:

FN_j = Flujo Neto en el periodo j

$-I_0$ = Inversión en el periodo 0 del proyecto

i = Tasa de descuento para el proyecto

n = Número de periodos considerados para la inversión del proyecto

Para el cálculo del VAN y el TIR se utilizó la hoja de cálculo Excel

Dónde:

FN_j = Flujo Neto en el periodo j

I_0 = Valor de inversión inicial

n = Número de periodos

Consideraciones

VAN = Valor actual neto, TIR= Tasa interna de retorno

$VAN > 0$ El proyecto es rentable; conviene hacer el proyecto

$VAN < 0$ El proyecto no es rentable, no conviene hacer el proyecto

Tabla 59: Flujo de caja económico del proyecto

MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Margen de contribución		S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848
Egresos	S/ 3,266,258	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
flujo de caja	S/ -3,266,258	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848	S/ 510,848
Tasa	1%												
Periodo	12 meses												
VAN	S/ 2,483,380.34	VAN > 0, Se estima al proyecto como VIABLE											
TIR	11%	TIR > Rentabilidad esperada, el preoycto resulta rentable											

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 59 que menciona al flujo de caja económico financiero se puede apreciar que para un periodo de 12 meses con una tasa de 12% anual, el cual ha sido determina por la empresa, el resultado del VAN es de 2,483,380.34 soles, siendo este mismo mayor a 0 y para la evaluación de la tasa interna de retorno el cual es el TIR resultado de 11% sienta esta tasa superior a la planteada por la empresa la cual es 12% anual y 1% mensual.

2.11.3. Análisis de sensibilidad

Con la finalidad de poder comparar posibles escenarios, respecto a la viabilidad del proyecto, se ha tomado la decisión de realizar tres escenarios en donde se realizará un análisis de sensibilidad, teniendo como posibles escenarios a: escenario optimista, escenario moderado y escenario pesimista. En dicha comparación el escenario moderado es el resultado del análisis financiero después de haber realizado nuestro proyecto de mejora.

En la tabla 60 se detallan los valores establecidos para los tres tipos de escenarios

Tabla 60: Análisis de sensibilidad para los tres tipos de escenarios

DESCRIPCIÓN	ESCENARIO MODERADO	ESCENARIO OPTIMISTA	ESCENARIO PESIMISTA
Inversión	S/ 3,266,258.18	S/ 3,266,258.18	S/ 3,266,258.18
Tiempo	12 meses	12 meses	12 meses
Precio de venta x Tn	S/ 6,323.52	S/ 6,323.52	S/ 6,323.52
Precio de costo por tonelada	S/ 3,769.28	S/ 3,769.28	S/ 3,769.28
Ventas mensuales	200 Tn	250 Tn	150 Tn
Ganancia mensual	S/ 1,264,704.00	S/ 1,580,880.00	S/ 948,528.00
Egresos mensual	S/ 753,855.58	S/ 942,319.48	S/ 565,391.69
Flujo de caja	S/ 510,848.42	S/ 638,560.52	S/ 383,136.31
Tasa mensual	1%	1%	1%

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 60 podemos observar los cambios en los diferentes tipos de escenarios posibles, en los cuales se ha considerado una producción mensual para los tres tipos de escenarios, los cuales son: escenario moderado 200 Tn, escenario optimista 250 Tn y escenario pesimista 150 Tn. No obstante, se estableció una tasa anual de 12% equivalente al 1% mensual como fines de cálculo durante un periodo de 12 meses.

Tabla 61: Análisis del VAN y TIR en escenario optimista

MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Margen de contribución		S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561
Egresos	S/ 3,266,258		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
flujo de caja	S/ -3,266,258	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561	S/ 638,561
Tasa	1%												
Periodo	12 meses												
VAN	S/ 3,920,789.97	VAN > 0, Se estima al proyecto como VIABLE											
TIR	16%	TIR > Rentabilidad esperada, el preoycto resulta rentable											

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 61 se puede observar que el análisis de la evaluación del VAN y del TIR en un escenario optimista resultó ser positivo, ya que el VAN es mayor a 0 en S/. 3, 920,789.97 soles y el TIR resulto ser de 16%, siendo superior a la tasa establecida por la empresa; por lo tanto, se considera al proyecto viable.

Tabla 62: Análisis del VAN y TIR en escenario pesimista

MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Margen de contribución		S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136
Egresos	S/ 3,266,258		S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -
flujo de caja	S/ -3,266,258	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136	S/ 383,136
Tasa	1%												
Periodo	12 meses												
VAN	S/ 1,045,970.71	VAN > 0, Se estima al proyecto como VIABLE											
TIR	6%	TIR > Rentabilidad esperada, el preoycto resulta rentable											

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 62 se puede observar que el análisis de la evaluación del VAN y del TIR en un escenario pesimista resultó ser positivo, ya que el VAN es mayor a 0 en S/. 1, 045,970.71 soles y el TIR resulto ser de 6%, siendo superior a la tasa establecida por la empresa; por lo tanto, se considera al proyecto viable.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis de producción

En el análisis descriptivo se analizarán todos los datos obtenidos durante todo el periodo de duración del proyecto, el cual fue de 6 meses antes y después de la implementación de la reingeniería de proceso para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC. Asimismo, la obtención de los resultados de la productividad, eficiencia y eficacia se realizará la evaluación en la hoja de cálculo Excel y se representará mediante el uso de gráfica de barras.

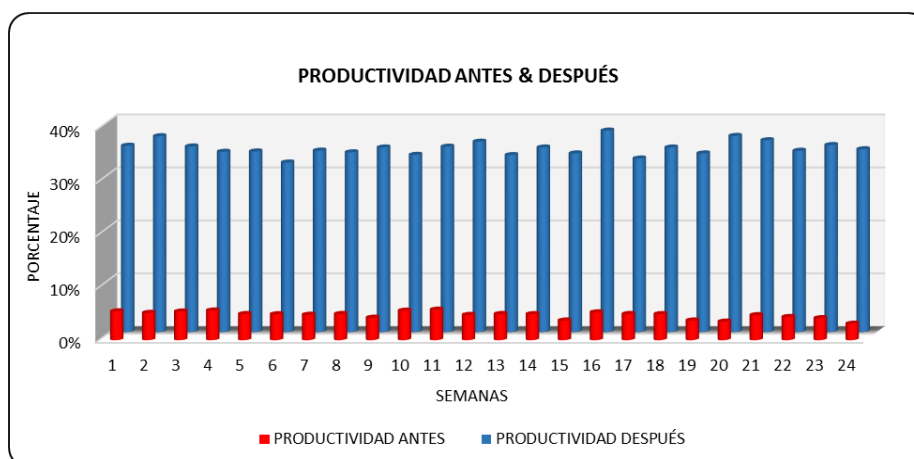
Variable Dependiente: Productividad

Tabla 63: Comparación de la Productividad Antes y Después de la implementación

<u>REVASAC</u>						
SEMANAS	ANTES			DESPUÉS		
	PRODUCTIVIDAD ANTES	EFICIENCIA ANTES	EFICACIA ANTES	PRODUCTIVIDAD DESPUÉS	EFICIENCIA DESPUÉS	EFICACIA DESPUÉS
1	0.0543	0.9339	0.3444	0.3514	0.9817	2.0817
2	0.0515	0.8924	0.3194	0.3694	0.9276	1.9956
3	0.0540	0.8764	0.3103	0.3194	0.8997	2.2024
4	0.0560	0.7825	0.3311	0.3098	0.9519	1.9053
5	0.0493	0.9399	0.3103	0.3406	0.9759	1.9920
6	0.0490	0.9206	0.2476	0.3198	0.9594	2.0128
7	0.0480	0.8932	0.3297	0.3423	0.9317	2.4432
8	0.0494	0.8951	0.2914	0.3390	0.9287	1.6872
9	0.0424	0.9077	0.3302	0.3482	0.9294	1.9956
10	0.0556	0.8795	0.2715	0.3342	0.9021	2.1579
11	0.0575	0.8779	0.3733	0.3497	0.9021	2.3275
12	0.0476	0.9290	0.2460	0.3591	0.9610	1.9537
13	0.0494	0.9408	0.3320	0.3338	0.9775	2.0658
14	0.0491	0.8646	0.3895	0.3481	0.9154	2.1180
15	0.0371	0.9237	0.2268	0.3369	0.9563	1.9205
16	0.0525	0.8737	0.1886	0.3102	0.9162	1.9538
17	0.0494	0.9503	0.3114	0.3273	0.9993	2.0749
18	0.0491	0.9107	0.3067	0.3481	0.9617	2.0400
19	0.0371	0.7609	0.2544	0.3369	0.9391	1.8701
20	0.0525	0.8075	0.2643	0.3101	0.8350	2.0334
21	0.0472	0.9725	0.2564	0.3618	1.0150	2.1017
22	0.0437	0.9394	0.1834	0.3420	0.9718	2.0761
23	0.0415	0.9147	0.2533	0.3527	0.9377	1.9901
24	0.0248	0.8526	0.2752	0.3448	0.8740	2.3280

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Gráfico de la productividad Antes y Después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

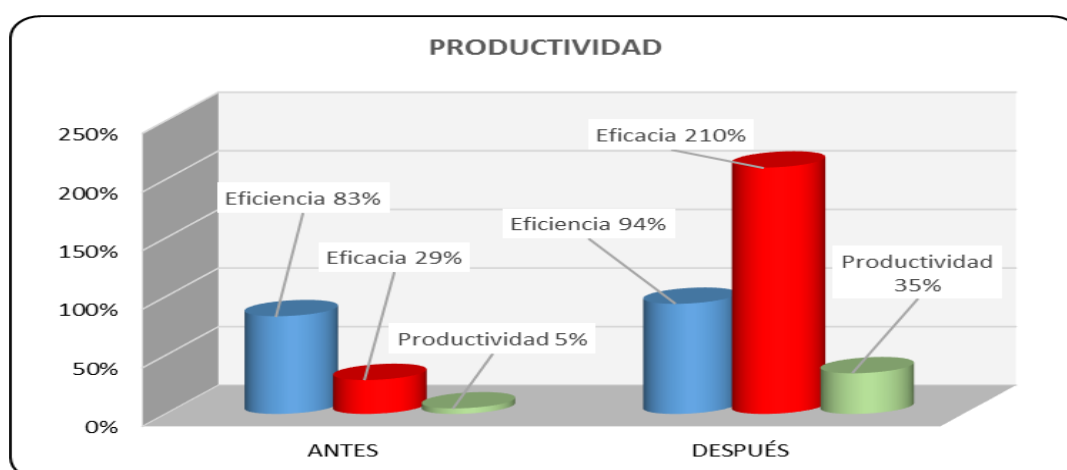
De la tabla 64 se observa la comparación de resultados del incremento de la productividad antes y después de la aplicación de la herramienta de mejora la cual es la reingeniería de procesos.

Tabla 65: Promedio la productividad Antes y Después de la implementación

DIMENSIÓN	ANTES	DESPUÉS
EFICIENCIA	0.83	0.94
EFICACIA	0.29	2.10
PRODUCTIVIDAD	0.05	0.35

Fuente: Elaboración propia

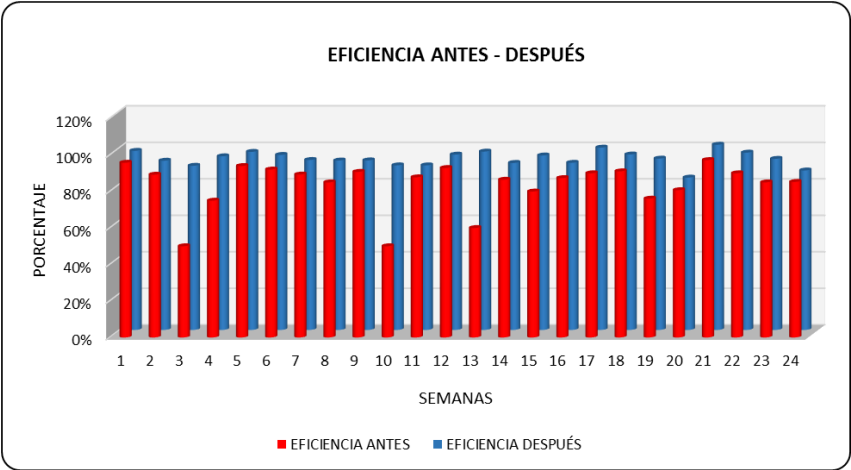
Tabla 66: Grafica de la mejora de la productividad Después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

De la tabla 66 se logra observar que la productividad promedio antes de la implantación es de 5% y la productividad promedio después de la implementación es de 35% con lo cual se aprecia una diferencia de 30%, lo cual representa un incremento de la productividad de 700% siendo altamente productivo.

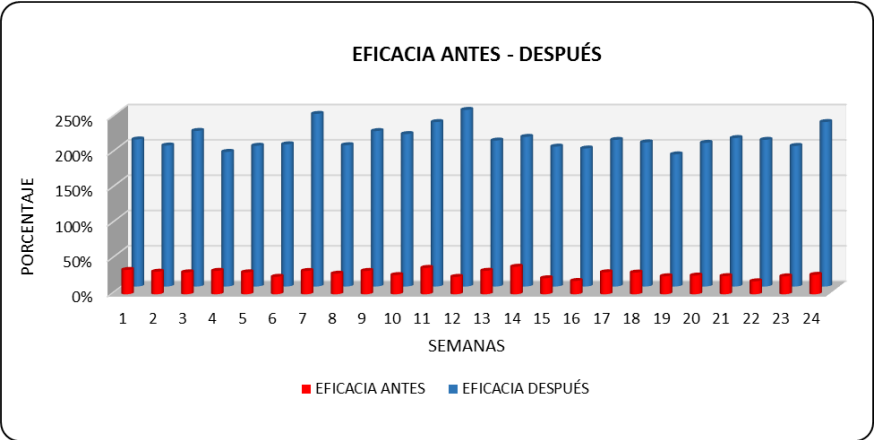
Tabla 67: Comparación de la eficiencia antes y después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

De la tabla 66, del grafico de barras de la eficiencia se observa que el promedio antes de la implementación fue de 83% y el promedio después de la implementación resultó de 94%, siendo este último 11% más eficiente y logrando un incremento de 13%, por lo tanto, se afirma que después de la implantación de la reingeniería de procesos se utiliza mejor los tiempos de producción.

Tabla 68: Comparación de la eficacia antes y después de la implementación



Fuente: Elaboración propia

De la tabla 68 se logra observar que la eficacia promedio antes de la implantación es de 29% y la eficacia promedio después de la implementación es de 210%, con lo cual se aprecia una diferencia de 181% siendo altamente eficiente a la hora de la consecución de los resultados programados por la empresa. Asimismo, el incremento resulta ser de 706% después de la implementación, lo cual tiene un valor coherente, ya que después de la implementación se comenzó a producir más productos de lo programado por la empresa.

Y además porque se utilizó para efectos solo de comparación a la producción programada antes de la implementación el cual fue 95 toneladas de sulfato de cobre.

3.2. Análisis Descriptivo

En la tabla 69 se muestran los estadísticos descriptivos de la productividad antes y después

Tabla 69: Estadísticos descriptivos de la productividad antes y después

Estadísticos		Productividad Antes	Productividad Después
N	Válidos	24	24
	Perdidos	0	0
Media		.04783	.35023
Mediana		.04920	.34130
Moda		.049	.337 ^a
Desv. típ.		.007282	.061947
Varianza		.000	.004
Asimetría		-1.534	4.399
Error típ. de asimetría		.472	.472
Curtosis		3.232	20.705
Error típ. de curtosis		.918	.918
Rango		.033	.322
Mínimo		.025	.310
Máximo		.058	.632

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 69 se puede observar que el número de datos validos son 24 antes y después y a su vez no existen datos perdidos. Asimismo, el valor promedio (media) después es 0.35 con una variación (Desvia. Típ.) de 0.62; también la mitad de la productividad (mediana) fue de 0.341 y, Asimismo, la frecuencia (moda) fue de 0.337, entre la productividad mínima (Mín.) 0.3 y la productividad máxima (Máx) 0.62 existe una diferencia (Rango) de 0.322

Tabla 70: Estadísticos descriptivos de la eficiencia antes y después

Estadísticos		Eficiencia Antes	Eficiencia Después
N	Válidos	24	24
	Perdidos	0	0
Media		.89063	.93788
Mediana		.90150	.93850
Moda		.915	.902 ^a
Desv. típ.		.049560	.036975
Varianza		.002	.001
Asimetría		-1.245	-.955
Error típ. de asimetría		.472	.472
Curtosis		1.181	1.174
Error típ. de curtosis		.918	.918
Rango		.189	.155
Mínimo		.761	.835
Máximo		.950	.990

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 70 se puede observar que el número de datos validos son 24 antes y después y a su vez no existen datos perdidos. Asimismo, el valor promedio (media) después es 0.937 con una variación (Desvia. Típ.) de 0.369, también la mitad de la productividad (mediana) fue de 0.938 Asimismo, la frecuencia (moda) fue de 0.902 y entre la productividad mínima (Mín.) 0.835 y la productividad máxima (Máx) 0.99 existe una diferencia (Rango) de 0.155

En la tabla 71 se muestran los valores obtenidos de la eficacia

Tabla 71: Estadísticos descriptivos de la eficacia antes y después

Estadísticos		Eficacia Antes	Eficacia Después
N	Válidos	24	24
	Perdidos	0	0
Media		.28933	2.05529
Mediana		.29900	2.03650
Moda		,310 ^a	1,954 ^a
Desv. típ.		.052327	.159830
Varianza		.003	.026
Asimetría		-.224	.441
Error típ. de asimetría		.472	.472
Curtosis		-.229	1.312
Error típ. de curtosis		.918	.918
Rango		.206	.756
Mínimo		.183	1.687
Máximo		.389	2.443

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 71 se puede observar que el número de datos validos son 24 antes y después y a su vez no existen datos perdidos. Asimismo, el valor promedio (media) después es 2.05 con una variación (Desvia. Típ.) de 1.59, también la mitad de la productividad (mediana) fue de 2.036. Asimismo, la frecuencia (moda) fue de 1.954 y entre la productividad mínima (Mín.) 1.687 y la productividad máxima (Máx) 2.44 existe una diferencia (Rango) de 0.756.

3.3. Análisis Inferencial

Para la realización y/o ejecución del análisis inferencial es de manera primordial la realización de la contratación de la hipótesis con el uso de estadígrafos descriptivos de comparación de medias, dado que el propósito es demostrar el aumento de la productividad de la obtención de cristales de sulfato de cobre pentahidratado. Después de la implementación de la reingeniería de procesos. En tal sentido se decidirá el tipo de estadígrafo descriptivo a usar teniendo en cuenta la cantidad de muestras (ver tabla 72).

Tabla 72: Tabla de tipos de muestras

Tipo de muestra	Descripción	¿Qué tipo de estadístico se usará?
Muestra grande	Cantidad de datos >30	Kolmogorov Smirnov
Muestra pequeña	cantidad de datos ≤30	Shapiro Wilk

Fuente: Elaboración propia

Análisis de hipótesis general

Ha: La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Con el propósito y finalidad de realizar la contrastación la hipótesis general, es necesario la evaluación de los datos para saber si estos corresponden a la serie de la productividad antes y después de la implementación. Asimismo, es importante conocer si estos tienen un comportamiento paramétrico. Como la cantidad de muestras y/o datos son menores a 30. Entonces, por lo tanto, se procederá al análisis de la normalidad usando el estadígrafo descriptivo de Shapiro Wilk

Si $p_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 73: Prueba de análisis de la normalidad de la productividad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Productividad Antes	.435	24	.006
Productividad Después	.873	24	.000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 73 se puede observar y apreciar que la productividad antes de la aplicación de la reingeniería de procesos registra un valor numérico de significancia de 0.06 el cual es igual a 6% y a su vez es superior al valor numérico de significancia de 0.05 o 5%, por lo cual se afirma que las informaciones de datos presentan una distribución normal, esto quiere decir que se tiene que hacer pruebas no paramétricas. No obstante, por otro lado, el valor numérico de la significancia de la productividad después de realizar dicha implementación de mejora es de 0.00 con lo cual resulta ser menor y/o inferior al 0.05 del nivel de significancia, por lo que se afirma que los datos no representan una distribución normal, quiere decir, que será necesario la realización de pruebas no paramétricas, por lo cual al contar con datos que son paramétricos y datos que son no paramétricos, se concluye que se tendrá que realizar/yo efectuar pruebas no paramétricas.

Tabla 74: Prueba de análisis de la normalidad de la productividad

ANTES	DESPUÉS	ESTADÍGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

Por lo que es importante conocer sobre la mejoría de la productividad, es esencial la realización de las pruebas de análisis de muestras relacionadas con el estadígrafo de prueba de Wilcoxon (ver tabla 74).

Contrastación de la hipótesis general

H₀: La reingeniería de procesos no mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

H_a: La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_a \geq \mu_d$$

$$H_a: \mu_a < \mu_d$$

En dónde:

μ_a : Productividad antes de implementar la reingeniería de procesos

μ_d : Productividad después de implementar la reingeniería de procesos

Tabla 75: Comparación de medias de la productividad antes y después con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Productividad Antes	24.000	.04783	.007282	.025	.058
Productividad Después	24.000	.35023	.061947	.310	.632

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 75 se puede observar que la media de la productividad antes es de (0.04783) siendo este inferior a la media de la productividad después que corresponde a (0.35023) la cual es superior, por lo que se afirma que no se cumple la regla de decisión de $H_0: \mu_a \geq \mu_d$, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula que menciona que la reingeniería de procesos no mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre y en consecuencia se acepta la hipótesis alterna o de investigación, la cual menciona que La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Con la finalidad de confirmar que el análisis de la contrastación realizada anteriormente sea correcto, se realizara el procedimiento de análisis mediante el p_{valor} o valor de la significancia de los resultados obtenidos. la cual es aplicada con la prueba de wilcoxon a ambas productividades antes y después.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, Se rechaza la hipótesis nula.

Si $p_{valor} > 0.05$, Se acepta la hipótesis nula.

Tabla 76: Análisis de significancia del valor ρ de productividad con Wilcoxon

Estadísticos de contraste ^a	
	Productividad Después - Productividad Antes
Z	-4,286 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 76 se observa que el valor numérico de la significancia aplicado con la prueba de wilcoxon, a la productividad antes y después de la aplicación de la reingeniería de procesos es de 0.00; y haciendo la comparación con la regla de decisión, se llega a la conclusión de rechazar la hipótesis nula y en consecuencia aceptar la hipótesis alterna o de investigación la cual afirma que La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Análisis de primera hipótesis específica

Ha: La reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Con la finalidad de poder contrastar la primera hipótesis específica, es de manera necesaria poder determinar si los datos pertenecen y corresponden a la serie de la eficiencia antes y después de la aplicación de la reingeniería de procesos. Asimismo, se tiene como objetivo poder determinar si estos datos tienen comportamiento paramétrico.

Como los datos son menores a 30 el análisis de la normalidad se realizar con el estadígrafo de prueba de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $\rho_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.

Si $\rho_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 77: Pruebas de análisis de la normalidad de la eficiencia antes y después

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia Antes	.884	24	.010
Eficiencia Después	.936	24	.133

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 77 se puede apreciar que el valor de la significancia antes de la aplicación de la reingeniería de procesos es de 0.01, el cual es un valor inferior al valor de la significancia de 0.05, en consecuencia, se afirma que los datos antes de la implantación no presentan una distribución normal, por ende, es necesario realizar pruebas no paramétricas. No obstante, el valor de la significancia después es de 0.133, valor que resulta ser superior al valor del nivel de la significancia de 0.05. por lo tanto, se afirma que dichos datos presentan una distribución normal, en consecuencia, es necesario realizar pruebas paramétricas. Entonces al contar con datos no paramétricos y paramétricos es necesarios efectuar pruebas no paramétricas.

Tabla 78: Criterio de selección del estadígrafo para

ANTES	DESPUÉS	ESTADÍGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

Por lo que es importante conocer sobre la mejoría de la eficiencia antes y después de la aplicación de la reingeniería de procesos, es importante la realización de las pruebas de análisis de muestras relacionadas con el estadígrafo de prueba de Wilcoxon (ver tabla 78).

Contrastación de la primera hipótesis específica

Ho: La reingeniería de procesos no mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Ha: La reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_a \geq \mu_d$$

$$H_a: \mu_a < \mu_d$$

En dónde:

μ_a : Eficiencia antes de implementar la reingeniería de procesos

μ_d : Eficiencia después de implementar la reingeniería de procesos

Tabla 79: Prueba de análisis de la normalidad de la eficiencia con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Eficiencia Antes	24	.891	0.4956	.7610	.950
Eficiencia Después	24	.990	0.3698	.8350	.990

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 79 se puede demostrar que la media de la eficiencia antes de la implementación es menor (0.891) que la media de la eficiencia después de la implementación (0.990), por tal motivo no se cumple la regla de la $H_0: \mu_a \geq \mu_d$ en tal sentido se rechaza la hipótesis nula que menciona que la implementación de la reingeniería de procesos no incrementa la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre, y por ende se acepta la hipótesis alterna ($H_a: \mu_a < \mu_d$) la cual afirma que la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Con la finalidad de confirmar que el análisis de la contrastación realizada sea la afirmación correcta se procederá al análisis respectivo a través del p valor o valor de la significancia de los resultados obtenidos la cual es aplicada con la prueba de Wilcoxon.

Regla de decisión:

Si $p_{\text{valor}} \leq 0.05$, Se rechaza la hipótesis nula.

Si $p_{\text{valor}} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 80: Análisis de significancia del valor p de la eficiencia con Wilcoxon

Estadísticos de contraste ^a	
	Eficiencia antes - Eficiencia Después
Z	-4,287 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 80 se observa que el valor numérico de la significancia aplicado con la prueba de wilcoxon, a la eficiencia antes y después de la aplicación de la reingeniería de procesos es de 0.00; y haciendo la comparación con la regla de decisión, se llega a la conclusión de rechazar la hipótesis nula y en consecuencia aceptar la hipótesis de investigación la cual afirma que La reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Análisis de la segunda hipótesis específica

Ha: La reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Con la finalidad de poder contrastar la segunda hipótesis específica, es de manera necesaria poder determinar si los datos pertenecen y/o corresponden a la serie de la eficacia antes y después (de la aplicación de la reingeniería de procesos) presentan un comportamiento paramétrico. Dado que los datos son menores a 30 el análisis de la normalidad se realizar con el estadígrafo de prueba de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $p_{\text{valor}} \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p_{\text{valor}} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 81: Pruebas de análisis de la normalidad de la eficacia antes y después

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EficaciaAntes	.972	24	.705
EficienciaDespués	.948	24	.000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 80 se puede apreciar que el valor de la significancia antes de la aplicación de la reingeniería de procesos es de 0.705, el cual es un valor superior al valor de la significancia de 0.05, en consecuencia, se afirma que los datos antes de la implementación presentan una distribución normal y por ende es necesario realizar pruebas paramétricas. No obstante, el valor de la significancia después es de 0.000, valor que resulta ser inferior al valor del nivel de la significancia de 0.05. Por lo tanto, se afirma que dichos datos no presentan una distribución normal, en consecuencia, es necesario realizar pruebas no paramétricas. Entonces al contar con datos paramétricos y no paramétricos es necesarios efectuar pruebas no paramétricas.

Tabla 82: Criterio de selección del estadígrafo

ANTES	DESPUÉS	ESTADÍGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

De esta manera es muy importante conocer sobre la mejoría de la eficacia antes y después de la aplicación de la reingeniería de procesos, por tal motivo, es muy importante la realización de las pruebas de análisis de muestras relacionadas con el estadígrafo de prueba de Wilcoxon (ver tabla 82).

Contrastación de la segunda hipótesis específica

Ho: La reingeniería de procesos no mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Ha: La reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Regla de decisión:

$$H_o: \mu_a \geq \mu_d$$

$$H_a: \mu_a < \mu_d$$

En dónde:

μ_a : Eficacia antes de implementar la reingeniería de procesos

μ_d : Eficacia después de implementar la reingeniería de procesos

Tabla 83: Prueba de análisis de la normalidad de la eficacia con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Eficacia Antes	24	.289	0.0523	.1830	1.091
Eficacia Después	24	2.055	0.1598	1.6870	.389

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 83 se puede demostrar que la media de la eficacia antes de la implementación es menor (0.289) que la media de la eficacia después de la implementación (2.055), por tal motivo no se cumple la regla de la $H_o: \mu_a \geq \mu_d$ en tal sentido se rechaza la hipótesis nula que menciona que la implementación de la reingeniería de procesos no incrementa la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre y por ende se acepta la hipótesis alterna ($H_a: \mu_a < \mu_d$) la cual afirma que la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

Con la finalidad de confirmar que el análisis de la contrastación realizada sea la afirmación correcta se procederá al análisis respectivo a través del p valor o valor de la significancia de los resultados obtenidos, la cual es aplicada con la prueba de Wilcoxon.

Regla de decisión:

Si $p_{\text{valor}} \leq 0.05$, Se rechaza la hipótesis nula.

Si $p_{\text{valor}} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 84: Análisis de significancia del valor p de la eficacia con Wilcoxon

Estadísticos de contraste ^a	
	Eficacia antes - Eficacia Después
Z	-4,286 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	.000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 84 se observa que el valor numérico de la significancia aplicado con la prueba de wilcoxon a la eficacia antes y después de la aplicación de la reingeniería de procesos es de 0.00 y haciendo la comparación con la regla de decisión, se llega a la conclusión de rechazar la hipótesis nula y en consecuencia aceptar la hipótesis de investigación, la cual afirma que la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

IV. DISCUSIÓN

En el presente estudio de desarrollo de proyecto de investigación en el cual se implementó la aplicación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, se pudo lograr los objetivos trazados.

No obstante, cabe mencionar que el índice de la productividad antes era de 0.05 t/h a causa de la falta de obtención de materia como factor primordial externo. Así como también la falta de control de la producción como factor interno, por lo cual hubo la necesidad de hacer un análisis exhaustivo para poder buscar otra forma de producir para poder obtener el mismo producto final y con lo cual aumentar la producción.

Se determinó que mediante la aplicación de la reingeniería de procesos se obtendría los resultados planificados y/o esperado, obteniendo como resultado final después de la aplicación de la reingeniería de procesos un aumento promedio de la productividad de 0.35t/h, de esta manera el aumento del índice de la productividad lograda fue de 0.3 t/h, lo cual representa un 700 % gracias al rediseño total de los procesos de producción.

1. El aumento de la **productividad** con la implementación de la reingeniería de procesos que da demostrado con los resultados obtenidos y así mismo se fortalece y justifica con el autor MARTIN (2017) En su tesis: rediseño de procesos para incrementar la productividad en el área de etiquetado en una empresa agroindustrial. El autor menciona que la empresa agroindustrial presenta serios problemas en la línea de productos de exportación. El autor menciona que después de la aplicación del rediseño de los procesos, la productividad aumentó en 5.9%, siendo la productividad antes de 93% y después fue 98.5%.

Asimismo, se pudo lograr comparar el aumento de la productividad con la investigación del autor JIMÉNEZ (2017) en su tesis : Implementación de la reingeniería de procesos para reducir los costos de producción, en el área productiva de la carpintería Majice. El autor nos habla sobre los problemas en los costos de producción, debido a los procesos productivos de operación teniendo como consecuencia baja productividad y aumento significativo en los costos de producción, debido a ello, se implementó la reingeniería de procesos con lo cual mejoro la productividad y redujo los costos de producción con una media de S/. 863.67 soles en el área de producción.

La aplicación de la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa Revasac; Ventanilla 2019.

Antes de la implementación de la reingeniería de procesos la eficiencia promedio fue de 83% y después de la implementación de la reingeniería de procesos la eficiencia promedio fue de 94% el cual significó un incremento en la eficiencia de 11 %, lo cual se interpreta que utiliza eficientemente los recursos de la empresa y el tiempo programado para la producción, con lo cual se logró un incremento en el tiempo de producción en la obtención de sulfato de cobre en 13%; siendo este más eficiente a la hora de administrar los tiempos programados de producción.

2.- El aumento de la **Eficiencia** con la implementación de la reingeniería de procesos queda demostrado con los resultados obtenidos. Asimismo se fortalece, justifica y se respalda con la investigación del autor RIOS (2016) en su tesis: Reingeniería de procesos para mejora la producción de jugo de naranja de una empresa productora de alimentos. El autor nos habla sobre la baja eficiencia, debido a la forma de los procesos de obtención de la línea de producción de jugo de naranja causando demoras y/o atrasos en los pedidos y tiempos de entrega a los clientes. Asimismo, la baja eficiencia causa que el tiempo de producción sea de 6.388 Seg/Lt x lote antes de la implementación y después de la implementación de la reingeniería de procesos la eficiencia en la utilización de los tiempos de producción fue de 4.4773 seg/Lt x lote, lo que representa un incremento de 1.9107 seg/Lt x lote, obteniendo un incremento de 0.54%.

Asimismo, se pudo lograr comparar el aumento de la eficiencia con la investigación del autor CABRERA (2015) en su tesis: Reingeniería de procesos para el incremento de la productividad de la empresa camaronera Ipeca. El autor menciona sobre los problemas en el área de producción, para ello tiene como finalidad mejorar las formas de los procesos de producción que estén afectando el incremento de la eficiencia con la finalidad de eliminar aquellos puntos críticos como aquellos procesos que demoran varios días debido a que no cuentan con maquinaria para la agilización de las actividades. El autor menciona que antes de la implementación de la reingeniería de procesos la eficiencia antes fue mejora en un 73%, y la eficiencia después fue de 80% .

La aplicación de la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa Revasac; Ventanilla 2019.

Antes de la implementación de la reingeniería de procesos, la eficacia promedio fue de 29% y después de la implementación de la reingeniería de procesos la eficacia promedio fue de 210%, obteniéndose como diferencia de resultados de 181% el cual representa un incremento en la eficacia de 706%. De esta manera se logró alcanzar los objetivos trazado por la empresa después de la aplicación de la reingeniería de procesos.

3.- El aumento de la **Eficacia** con la implementación de la reingeniería de procesos queda demostrado con los resultados obtenidos. Asimismo se fortalece, justifica y se respalda con la investigación del autor: SALAS (2017) en su tesis: Aplicación de la reingeniería de procesos para incrementar la productividad en servicio de counter. El autor menciona que, debido a problemas en sus procesos de servicios de venta de boletos de turismo a causa de pérdidas de boletos en el área de trabajo, falta de equipos para la agilización del servicio de venta, uso ineficiente de los materiales, equipos averiados, etc. La eficacia antes de la implementación fue de 0.61% y después de la aplicación de la reingeniería de procesos la eficacia fue de 0.82%, lográndose un incremento en el índice de eficacia de 35.02%.

V. CONCLUSIONES

En el presente desarrollo de proyecto de investigación se llegó a la conclusión que al implementar la aplicación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en el área de procesos de producción de la empresa Revasac. Se pudo lograr alcanzar las metas trazadas por la empresa, al lograr mejora el volumen de producción en la obtención de cristales de sulfato de cobre. Cumpliéndose con el objetivo general el cual fue:

- Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, ventanilla 20019.

En la empresa se encontró que el valor promedio del volumen de producción antes de la implementación fue de 0.05 Tn/Hrs y después de la implementación el valor promedio del volumen de producción fue de 0.35 Tn/Hrs. Obteniéndose un incremento en la productividad de 700%, cumpliéndose con el objetivo general.

Los resultados obtenidos se lograron con la aplicación de las herramientas de la reingeniería de procesos, las cuales son el balance de materia y el método de Guerchet para la distribución del nuevo diseño de planta.

Con el balance de materia se calculó los volúmenes de producción de cristales de sulfato de cobre pentahidratado y, a su vez, se diseñó los nuevos diagramas de flujos de procesos (PFD) y diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID) estableciendo las bases para la nueva forma de producción y obtención de cristales de sulfato de cobre pentahidratado. Asimismo, también se utilizó la herramienta del método de Guerchet para establecer y/o determinar el área de los equipos que involucrarían en el nuevo proceso de producción. Con ello se pudo hacer un adecuado diseño de planta. Con lo cual se logró distribuir bien las áreas y equipos según normas y estándares internacionales.

También se realizó el análisis inferencial con el estadígrafo de Wilcoxon, en el cual se pudo determinar el valor de significancia de 0,000 y con ello se pudo lograr rechazar la hipótesis nula y al mismo tiempo se logró aceptar la hipótesis de investigación.

No obstante, con la aplicación de la reingeniería de procesos se lograron determinar los objetivos específicos, los cuales fueron:

- Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, Ventanilla 2019.

En relación a la eficiencia de la empresa Revasac antes de la implementación fue de 83%, el cual evidencia una baja eficiencia de utilización de los tiempos de producción. No obstante, después de la implementación de la reingeniería de procesos la eficiencia fue de 94%, obteniéndose un aumento de la eficiencia de 11%, siendo este último más eficiente y logrando un incremento de 13% al reducir los tiempos de producción gracias a la nueva forma de procesamiento y/o producción de sulfato de cobre con la nueva materia prima, la cual es el cemento de cobre.

Además, se realizó el análisis inferencial con el estadígrafo de Wilcoxon, en el cual se pudo determinar el valor de significancia de 0,000 y con ello se pudo lograr rechazar la hipótesis nula y al mismo tiempo se logró aceptar la hipótesis de investigación.

Logrando cumplir con el primer objetivo específico el cual es mejorar la eficiencia de producción en la obtención de sulfato de cobre.

Finalmente, se cumplió con la determinación del segundo y último objetivo específico, los cuales fueron:

- Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVASAC, Ventanilla 2019.

El valor promedio encontrado del índice de la eficacia en la empresa Revasac antes de la implementación de la reingeniería de procesos era muy bajo, siendo este de 29% antes de la implementación de la reingeniería de procesos propiamente dicha. Luego de la implementación de la reingeniería de procesos el valor promedio de la eficacia fue de 210% logrando las expectativas y metas propuestas por la empresa. Esto fue a causa del cumplimiento de los objetivos de producción programado establecido por la empresa.

Asimismo, se realizó el análisis inferencial con el estadígrafo de Wilcoxon, en el cual se pudo determinar el valor de significancia de 0,000 y con ello se pudo lograr rechazar la hipótesis nula y al mismo tiempo se logró aceptar la hipótesis de investigación.

Logrando cumplir con el segundo objetivo específico, el cual es mejorar la eficacia de producción en la obtención de sulfato de cobre.

VI. RECOMENDACIONES

Luego de haber aplicado la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC y de haber obtenido los resultados esperados se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda la aplicación de la reingeniería de procesos, ya que es una herramienta que ayuda a esclarecer el estado y/o situación actual en que se encuentran las empresas y ayudan a determinar los problemas de sus procesos y cuáles son las causas por las que puedan estar ocasionando.
- Se recomienda la aplicación de la reingeniería de procesos porque involucra una revisión total de todos los procesos de producción de una empresa con la finalidad de poder realizar un rediseño y/o cambio de la forma en la que se están llevando los procesos actuales, es por eso que es un cambio total y/o radical.
- Se recomienda la aplicación de la reingeniería de procesos porque se logró demostrar y determinar que el problema de los objetivos no logrados por la empresa radicaba en la baja productividad en la obtención del sulfato de cobre por la escasez de la materia prima de su producción.
- Se recomienda la aplicación de la reingeniería de procesos, no solo cuando se tienen problemas en su producción y/o problemas financieros, ya que la reingeniería de procesos es aplicada en todo momento por las empresas para ver cómo se encuentran actualmente posicionadas para poder realizar el cambio, para ver si algo está funcionando mal y para poder mantenerse posicionalmente y/o mantenerse a la vanguardia.
- Se recomienda la aplicación de la reingeniería de procesos, ya que una vez realizada la revisión total de los procesos y determinar la causa de los problemas, se puede elegir las diferentes herramientas de ingeniería para poder lograr hacer un rediseño total de los procesos actuales.

REFERENCIAS

ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación. 6ª ed. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, 2012. 144 pp.

ISBN: 9789800785294

ACEVEDO, Adolfo y LINARES, Martha. “El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones. Revista de la facultad de ingeniería industrial. UNMSM, 2012, 24pp.

ISSN:1560-9146 /ISSN: 1810-9993

BENJAMÍN Niebel y ANDRIS Freivalds. Métodos, estándares y diseño del trabajo.12ma. Ed. España. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. 2009, 614 pp.

ISBN: .978-970-10-6962-2

BRAVO, Juan. Productividad basada en la Gestión de Procesos. Chile: Editorial Evolución S.A., 2014. 704 pp.

ISBN: 9789567604258

BERNAL, César. Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3. a ed. Colombia: Pearson Educación, 2006. 306 pp.

ISBN: 9702606454

BLANK, Leland.y TARQUIN, Anthony. Ingeniería económica 7ª ed. Argentina: Mc Graw Hill S.A., 2006. 736 pp

ISBN: 9786071507617

CAJAS, Alexandra y CHILUISA, Valeria. “Reingeniería de procesos en el área de producción para mejorar la productividad de la empresa de embutidos la madrileña”. Tesis (Título de ingeniero industrial), Latacunga – Ecuador: Universidad técnica de Cotopaxi, 2015, 128pp.

Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2193>

CORTES, Verónica, “Reingeniería de procesos en el área de producción de la fábrica de suelas y tacos milplast”. Tesis (Titulo Ingeniero Industrial), Ambato, Ecuador: Universidad técnica de Ambato, 2010, 120pp.

Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/92>

CABRERA, Rene, “Reingeniería de procesos para el incremento de la productividad de la empresa camaronera ipeca”. Tesis (Título Ingeniero comercial), Machala, Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2015, 131pp.

Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/8598/1/>

Ren%C3%A9%20Patricio%20Cabrera%20Aguilar.pdf

CEGARRA, José. Evaluación de la eficiencia de la investigación [en línea] Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2012 [fecha de consulta: 15 de Setiembre 2018].243pp.

Disponible en: <https://goo.gl/I7ygtx>

ISBN: 9788499690278

CORTEZ, Luis. “Reingeniería de los procesos productivos para incrementar la producción de harina de pescado en la empresa uylan s.a.”, Tesis (Título de ingeniero industrial), La libertad – Ecuador: Universidad estatal península de santa Elena, 2015, 105pp.

Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/3603>

DÍAZ, Bertha, JARUFE, Benjamín y NORIEGA, María. Disposición de planta.

2a. ed. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima, 2007. 287pp.

ISBN: 9789972451973

DE LA FUENTE, David, FERNÁNDEZ, Isabel. Distribución de Planta [en línea] España: Editorial Universidad de Oviedo, 2005,183pp.

Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=7aRzy0JjqTMC&pg=](https://books.google.com.pe/books?id=7aRzy0JjqTMC&pg=PA31&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)

[PA31&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=7aRzy0JjqTMC&pg=PA31&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)

ISBN: 9788474689907

GARCIA, Roberto. Estudio del Trabajo. 2da. Ed. México: Mc Graw Hill S.A., 2006. 451 pp.

ISBN: 9701046579

GONZALES, Margarita. Introducción a la ingeniería de procesos. México D.F., México: Editorial Limusa S.A., 2013. 283pp.

ISBN: 9786070504969

GUTIÉRREZ Pulido, Humberto. Calidad y Productividad. 4a. ed. México: Mc Graw Hill S.A., 2014. 400pp.

ISBN: 9786071511485

HEIZER, Jay y RENDER, Barry. Principios de Administración de operaciones. 5ta. ed. México: Pearson Educación, 2004. 704 pp.

ISBN: 9702605253

HAMMER Michel y CHAMPY James. Reingeniería. 1ra. ed. Bogotá, Colombia: Para todo el mundo de habla hispana por Editorial Norma S.A., 1994. 221pp

ISBN: 958-04-2650-3

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5ª ed. México: Mc Graw Hill, 2010. 660 pp.

ISBN: 9786071502919

HORGREEN, Charles y DATAR Srikant, Contabilidad de costos un enfoque gerencial. 14ª ed. México: Pearson Educación, 2012. pp7728

ISBN: 9786073210249

JIMÉNEZ, Yamileth. “Implementación de la reingeniería de procesos para reducir los costos de producción, en el área productiva de la carpintería majice”. Tesis (Título Ingeniero Industrial), Ancash, Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2017, 151pp.

Disponible: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/12464/Jim%C3%A9nez_CYM.pdf?sequence=1

JIMÉNEZ, Arturo. Diseño de procesos en ingeniería química 1ª ed. España-Barcelona: Editorial Reverté, S.A. 2003. pp272

ISBN: 84-291-7277-7

KANAWATY, George. Introducción al estudio de trabajo. 4. a ed. Suiza: Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, 1996. 521 pp.

ISBN: 9223071089

MANGANALLY, Raymond y KLEIN Mark. Como hacer reingeniería. 5. ta ed. Colombia: Editorial Norma, 1997. 349 pp.

ISBN:958-04-3025-x

MARTIN, Iván. “Rediseño de procesos para incrementar la productividad en el área de etiquetado de una empresa agroindustrial”. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Trujillo– Perú: Universidad nacional de Trujillo, 2017, 60pp.
Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9554>

MÁXIMO, Otero y PADILLA, José. “Reingeniería de los procesos productivos de la empresa omega”, Tesis (Título de ingeniero industrial), Riobamba – Ecuador: Escuela superior de Chimborazo, 2011, 123pp.
Disponible: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/993/1/85T00184.pdf>

MAC CORMAC, Jack. Diseño de estructuras de acero método LRF. 2ª ed. México D.F., México: Editorial Alfa omega grupo editor S.A. 2002. 242pp.
ISBN: 9701506375

MUTHER, Richard. Distribución en planta. 4a. ed. España, Barcelona: Hispano Europea, 1981. 472 pp.
ISBN: 8425504619

MORRIS, Daniel y BRANDON, Joel. Reingeniería: cómo aplicar con éxito en los negocios. Xa. Ed. Mexico D.F., Editorial McGraw-Hill 1997. 282pp
ISBN: 958-600-281-0

NAYYAR, Mohinder. Piping Handbook 7ª ed. United States of America, Editorial McGraw-Hill. 200. pp2483
ISBN:0-07-047106-1

PROKOPENKO, Joseph. La Gestión de la productividad: Manual práctico. Suiza: Organización Internacional del Trabajo, 1989. 333 pp.
ISBN: 9223059011

PARISHER, Roy y RHEA, Robertt. Pipe drafting and design. 2ª ed. Boston., United States of America: Editorial Gulf Professional Publishing 2002. 287pp.

ISBN 0-7506-7439-3

SANDRILES, Rafoso y ARTILES, Sara. Reingeniería de procesos: conceptos, enfoque y nuevas aplicaciones. [en línea] Vol. 42 núm. 3, Cuba La Habana: Ciencias de la información, 2011 [en línea] fecha de consulta: 30 de Setiembre 2017], 10pp.

ISSN:0864-4659:

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181422295004>

RÍOS, Annie. “Reingeniería de procesos para la mejora de la producción de jugo de naranja de una empresa productora de alimentos”. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima – Perú: Universidad César Vallejo, 2016.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/18652>

SALAS, Katherine. “Aplicación de reingeniería de procesos para incrementar la productividad en el servicio de counter en la empresa turismo mendivil”. Tesis (Titulo Ingeniero Industrial), Arequipa, Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2017, 110pp.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/12560>

SHERWOOD, David y WHISTONCE, Dennis. Pipe guide for the desing and drafting of industrial piping systems. 2^a ed. San Francisco., United States of America: Editorial Syntek books company, Inc. 1991. 136pp.

ISBN: 0-914-08219-1

TORRES, María. “Reingeniería de los procesos de producción artesanal de una pequeña empresa cervecera a fin de maximizar su productividad”. Tesis (Titulo Ingeniero Industrial), Lima, Perú: Pontificia Universidad católica del Perú, 2014, 103pp.

Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6019>

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar Proyectos de Investigación Científica: Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. 2.ª ed. Perú: Editorial San Marcos, 2013. 495 pp.

ISBN: 9786123028787

VALIENTE, Antonioli y TLACATZIN, Rudi. Problemas de balance de materia y energía. 1^a ed. México D.F.: Editorial Alhambra mexicana, S.A. interamericana, 1991. pp630
ISBN:968 444 109 6

WHISTANCE, Dennis y SHERWOOD, David. Piping guide for the design and drafting of industrial piping systems PARTE I. United States of America, Editorial Syentek Books Company, inc.1991. pp155
ISBN:0-914-08219-1

WHISTANCE, Dennis y SHERWOOD, David. Piping guide for the design and drafting of industrial piping systems PARTE I. United States of America, Editorial Syentek Books Company, inc.1991. pp106
ISBN:0-914-08219-1

ZANDIN, Kjell. Maynard manual del ingeniero industrial. 5^a ed. México D.F. C.P. 01376: Editorial McGraw-Hill interamericana 2001. pp736
ISBN:970-10-4796-6

ANEXOS

Anexo 1: Carta de presentación 1



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: MG. MALPARTIDA GUTIERREZ JORGE NELSON

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Norte, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniero Industrial.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: APLICACIÓN DE LA REINGENIERÍA DE PROCESOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA OBTENCIÓN DE SULFATO DE COBRE EN LA EMPRESA REVASAC, VENTANILLA, 2019. y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente.

Firma

Pérez Abad Eder Reynaldo
D.N.I: 42733556

Anexo 2: Ficha de validación de instrumentos 1



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: REINGENIERÍA DE PROCESOS

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE							
	Dimensión 1 Ingeniería de procesos							
	Indicador: Balance de materia $= \frac{\text{cantidad obtenida actual}}{\text{cantidad obtenida después}} \times 100\%$	/		/		/		
	Dimensión 2 Distribución de planta							
	Indicador: Método Guerchet $= \frac{\text{Área utilizada actual}}{\text{Área utilizada después}} \times 100\%$	/		/		/		
	VARIABLE DEPENDIENTE							
	Dimensión 1 Eficiencia							
	Indicador: $= \frac{\text{Tiempo de producción actual}}{\text{Tiempo de producción propuesto}} \times 100\%$	/		/		/		
	Dimensión 2 Eficacia							
	Indicador: $= \frac{\text{Producción Lograda}}{\text{Producción planificada}} \times 100\%$	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Si hay

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** ☒ **Aplicable después de corregir** ☐ **No aplicable** ☐

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Jorge Malpartida G.

DNI: 10400346

Especialidad del validador: Ing. Industrial.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

13 de Junio 2019

Firma del Experto Informante.

Anexo 3: Carta de presentación 2



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: DR. BRAVO ROJAS LEONIDAS

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Norte, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniero Industrial.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: APLICACIÓN DE LA REINGENIERÍA DE PROCESOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA OBTENCIÓN DE SULFATO DE COBRE EN LA EMPRESA REVASAC, VENTANILLA, 2019. y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente.


Firma

Pérez Abad Eder Reynaldo
D.N.I: 42733556

Anexo 4: Ficha de validación de instrumentos 2



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: REINGENIERÍA DE PROCESOS

N°	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE							
	Dimensión 1 Ingeniería de procesos							
	Indicador: Balance de materia $= \frac{\text{cantidad obtenida actual}}{\text{cantidad obtenida después}} \times 100\%$	/		/		/		
	Dimensión 2 Distribución de planta							
	Indicador: Método Guerchet $= \frac{\text{Área utilizada actual}}{\text{Área utilizada después}} \times 100\%$	/		/		/		
	VARIABLE DEPENDIENTE							
	Dimensión 1 Eficiencia							
	Indicador: $= \frac{\text{Tiempo de producción actual}}{\text{Tiempo de producción propuesto}} \times 100\%$	/		/		/		
	Dimensión 2 Eficacia							
	Indicador: $= \frac{\text{Producción Lograda}}{\text{Producción planificada}} \times 100\%$	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HPY

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [☐] No aplicable [☐]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Secudes Brno Rojas DNI: 08631316

Especialidad del validador: ING. Ind., MSP, D.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

12 de 11 2019

[Firma]
Firma del Experto Informante.

Anexo 5: Carta de presentación 3



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: MG. SUCA APAZA GUIDO RENE

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de Lima Norte, requiero validar los instrumentos con los cuales recoger la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optar el título de Ingeniero Industrial.

El título nombre de mi proyecto de investigación es: APLICACIÓN DE LA REINGENIERÍA DE PROCESOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA OBTENCIÓN DE SULFATO DE COBRE EN LA EMPRESA REVASAC, VENTANILLA, 2019. y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema a desarrollar.

El expediente de validación, que se le hace llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.
- Instrumentos de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente

Atentamente.


Firma

Pérez Abad Eder Reynaldo
D.N.I: 42733556

Anexo 6: Ficha de validación de instrumentos 3



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE: REINGENIERÍA DE PROCESOS

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE							
	Dimensión 1 Ingeniería de procesos							
	Indicador: Balance de materia $= \frac{\text{cantidad obtenida actual}}{\text{cantidad obtenida después}} \times 100\%$	/		/		/		
	Dimensión 2 Distribución de planta							
	Indicador: Método Guerchet $= \frac{\text{Área utilizada actual}}{\text{Área utilizada después}} \times 100\%$	/		/		/		
	VARIABLE DEPENDIENTE							
	Dimensión 1 Eficiencia							
	Indicador: $= \frac{\text{Tiempo de producción actual}}{\text{Tiempo de producción propuesto}} \times 100\%$	/		/		/		
	Dimensión 2 Eficacia							
	Indicador: $= \frac{\text{Producción Lograda}}{\text{Producción planificada}} \times 100\%$	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Si hay

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [X]

Aplicable después de corregir []

No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg:

San Agustín Ruiz Rivas
Industria Sustentable

DNI:

42203023

Especialidad del validador:

13 de *13* 2019

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

Anexo 7: Matriz de operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones		indicadores	escala
Variable Independiente						
REINGENIERIA DE PROCESOS	Es el rediseño radical de todos los procesos con el fin de poder lograr alcanzar mejoras espectaculares en términos de “costos, calidad, servicio y rapidez”. (Michael, Hammer y James, Champy, 1994, p. 34)	La ingeniería de procesos es la base del desarrollo para la implementación de un sistema de producción en una planta.	Ingeniería de procesos	Balance de materia	$= \frac{\text{cantidad obtenida actual}}{\text{cantidad obtenida después}} \times 100\%$	Razón
		La distribución de planta permite desarrollar una disposición adecuada de los equipos de producción dentro de una planta.	Distribución de planta	Método de Guerchet	$= \frac{\text{Área utilizada actual}}{\text{Área utilizada después}} \times 100\%$	Razón
Variable Dependiente						
PRODUCTIVIDAD	Se define a la productividad como la medida de la utilización de los recursos de la empresa para lograr los resultados esperados. (Lugo, Juan, 2015 p.80)	La productividad es el indicador que resulta de la medición de la eficiencia y eficacia y permite medir cuan productivo es el proceso de una planta	Eficiencia	$= \frac{\text{Tiempo de producción actual}}{\text{Tiempo de producción propuesto}} \times 100\%$		Razón
			Eficacia	$= \frac{\text{Producción Lograda}}{\text{Producción planificada}} \times 100\%$		Razón

Anexo 8: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES		Escala
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Dimensiones independientes	Indicador independiente		
¿De qué manera La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la productividad de obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	Reingeniería de procesos	Ingeniería de procesos	Balance de materia	$= \frac{\text{cantidad obtenidad actual}}{\text{cantidad obtenidad después}} \times 100\%$	Razón
				Distribución de planta	Método de Guerchet	$= \frac{\text{Área utilizada actual}}{\text{Área utilizada después}} \times 100\%$	Razón
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente	Dimensiones dependientes	Indicador dependientes		
¿De qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	Productividad	Eficiencia	$= \frac{\text{Tiempo de producción actual}}{\text{Tiempo de producción propuesto}} \times 100\%$		Razón
				Eficacia	$= \frac{\text{Producción Lograda}}{\text{Producción planificada}} \times 100\%$		Razón

Anexo 9: Matriz de coherencia

Matriz coherencia		
Problema	Objetivo	Hipótesis
Generales		
¿De qué manera La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la productividad obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.
Específicos		
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿De qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la eficiencia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.
¿ de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019?	Determinar de qué manera la reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.	La reingeniería de procesos mejora la eficacia en la obtención de sulfato de cobre en la empresa REVSAC, Ventanilla 2019.

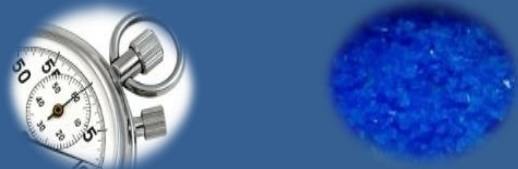
Anexo 10: Diagrama de flujo de operaciones de la empresa REVASAC

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO									
REVASAC		DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO ELABORACIÓN DEL SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO							
El diagrama inicia en:		Diagrama:		N de Diagrama: 1					
El diagrama termina en:		Actual							
Elaborado por:		Fecha:							
N°	Descripción	Actividad					Distancia (m)	Tiempo (min)	OBS.
		● Operación	➡ Transporte	■ Espera	■ Insp.	▼ Almace.			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
Total									

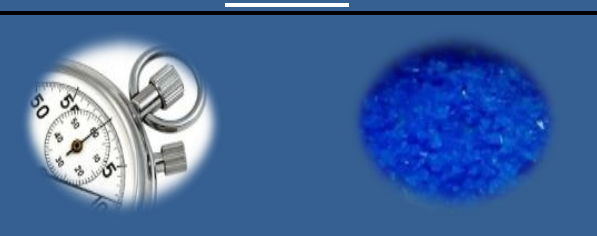
Anexo 11: Formato para el cálculo de áreas con el método de Guerchet

[illegible]

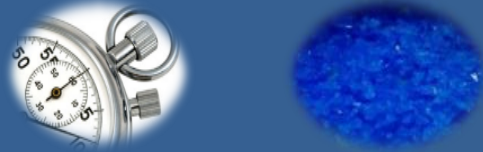
Anexo 12: Formato para el balance de materia y toma de tiempos

BALANCE DE MASA (m3 & Tn) Y TOMA DE TIEMPO DE CICLO DE PRODUCCION							
Producto: Observación: BM- Sulfato de cobre BM- Sulfato de cobre Responsable: Fecha:		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <h3 style="margin: 0;"><u>REVASAC</u></h3>  </div> </div>					
MES		JUN - 2018	JUL - 2018	AGO - 2018	SEP - 2018	OCT - 2018	NOV - 2018
Nro	OCHO REACCIONES x MES	8R	8R	8R	8R	8R	8R
ITEM	ACTIVIDADES 4 REACCIONES x MES	MES-01	MES-02	MES-03	MES-04	MES-05	MES-06
1	RECEPCION DE MATERIA PRIMA						
2	TRANSPORTAR AL ÁREA DE PESADO						
3	INSPECCIONAR						
4	TRANSPORTAR AL REACTOR						
5	ADICIÓN DE REACTANTES						
6	REACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA MEZCLA						
7	INSPECCIONAR						
8	TRANSPORTE DE LA MEZCLA A LOS CRISTALIZADORES						
9	FORMACION DE CRISTALES A CONDICIONES NORMALES						
10	INSPECCIONAR						
11	COSECHA DE LOS CRISTALES DE COBRE						
12	ESCURRIMIENTO DE LA COSECHA						
13	TRANSPORTE DE COSECHA A LA CENTRIFUGADORA						
14	CENTRIFUGACIÓN						
15	INSPECCIONAR						
16	SECADO						
17	PROCESO DE TAMIZADO						
18	TRANSPORTE AL ÁREA DE EMPACADO Y PESADO						
19	PESADO Y EMPACADO						
20	TRANSPORTE AL ÁREA DE ALMACEN						
TIEMPOS TOTALES EN "Hrs"							
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO EN "m3"							
BALANCE DE MATERIA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE SOLIDO "Tn"							
VALOR PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN							
PROMEDIO DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN MENSUAL							
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE SULFATO LÍQUIDO							
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE MASA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE							

Anexo 13: Balance de materia y toma de tiempos antes

BALANCE DE MASA (m3 & Tn) Y TOMA DE TIEMPO DE CICLO DE PRODUCCION (PRE-TES) min							
Producto: SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO		<div>REVASAC</div> <div></div>					
Observación: TIEMPO OBSERVADO							
Balance de materia de sulfato de cobre liquido VOLUMEN DE DE PRODUCCIÓN							
Balance de materia de cristales de sulfato de cobre solido MASA DE CRISTALES PRODUCIDOS							
Responsable: EDER PÉREZ ABAD							
Fecha: 02 julio al octubre 27 de octubre del 2018							
MES		JUN. 2018	JUL. 2018	AGO. 2018	SEP. 2018	OCT. 2018	NOV. 2018
Nro	CUATRO REACCIONES x MES	8R	8R	8R	4R	4R	4R
ITEM	ACTIVIDADES 4 REACCIÓNES x MES	MES-01	MES-02	MES-03	MES-04	MES-05	MES-06
1	RECEPCION DE MATERIA PRIMA	164 min	164 min	165 min	165 min	160 min	144 min
2	TRANSPORTAR AL ÁREA DE PESADO	45 min	44 min	44 min	44 min	38 min	40 min
3	INSPECCIONAR	13 min	13 min	13 min	13 min	15 min	13 min
4	TRANSPORTAR AL REACTOR	22 min	22 min	22 min	23 min	20 min	19 min
5	ADICIÓN DE REACTANTES	82 min	81 min	85 min	82 min	44 min	63 min
6	REACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA MEZCLA	8233 min	8391 min	8030 min	8301 min	8207 min	8127 min
7	INSPECCIONAR	22 min	22 min	21 min	21 min	21 min	18 min
8	TRANSPORTE DE LA MEZCLA A LOS CRISTALIZADORES	9 min	10 min	10 min	10 min	9 min	14 min
9	FORMACION DE CRISTALES A CONDICIONES NORMALES	7142 min	7222 min	7185 min	7121 min	7090 min	7189 min
10	INSPECCIONAR	22 min	22 min	23 min	23 min	21 min	21 min
11	COSECHA DE LOS CRISTALES DE COBRE	2559 min	2624 min	2638 min	2677 min	2600 min	2598 min
12	ESCURRIMIENTO DE LA COSECHA	813 min	818 min	860 min	837 min	853 min	800 min
13	TRANSPORTE DE COSECHA A LA CENTRIFUGADORA	809 min	828 min	831 min	864 min	814 min	835 min
14	CENTRIFUGACIÓN	2559 min	2606 min	2624 min	2686 min	2759 min	2587 min
15	INSPECCIONAR	23 min	23 min	23 min	22 min	20 min	21 min
16	SECADO	1570 min	1558 min	1547 min	1601 min	1588 min	1568 min
17	PROCESO DE TAMIZADO	1334 min	1247 min	1220 min	1272 min	1159 min	1215 min
18	TRANSPORTE AL ÁREA DE EMPACADO Y PESADO	850 min	835 min	815 min	848 min	759 min	814 min
19	PESADO Y EMPACADO	6336 min	6269 min	6229 min	6429 min	6254 min	6158 min
20	TRANSPORTE AL ÁREA DE ALMACEN	67 min	70 min	68 min	68 min	70 min	60 min
TIEMPOS TOTALES EN HORAS		547.8 Hrs	547.8 Hrs	540.9 Hrs	551.8 Hrs	541.7 Hrs	538.4 Hrs
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO		70.38 m3	63.81 m3	66.54 m3	61.34 m3	54.35 m3	51.24 m3
BALANCE DE MATERIA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE SOLIDO		31.1 Tn	28.2 Tn	29.2 Tn	27.1 Tn	27.1 Tn	22.6 Tn
VALOR PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN							
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE SULFATO LÍQUIDO			61.28 m3				
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE MASA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE			27.55 Tn				
PROMEDIO DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN MENSUAL			544.7 Hrs				

Anexo 14: Balance de materia y toma de tiempos después

BALANCE DE MASA (m ³ & Tn) Y TOMA DE TIEMPO DE CICLO DE PRODUCCION (POS-TES) min							
PRODUCTO:	SULFATO DE COBRE PENTAHIDRATADO	<div>REVASAC</div> 					
OBSERVACIÓN:	TIEMPO OBSERVADO						
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO	VOLUMEN DE DE PRODUCCIÓN						
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE SOLIDO	MASA DE CRISTALES PRODUCIDOS						
RESPONSABLE:	EDER PÉREZ ABAD						
DECHA:	Abril a Septiembre del 2019						
MES		MAYO. 2019	JUN. 2019	JUL. 2019	AGO. 2019	SEP. 2019	OCT. 2019
Nro	OCHO REACCIONES x MES	8R	8R	8R	8R	8R	8R
ITEM	ACTIVIDADES 8 REACCIONES x MES	MES-01	MES-02	MES-03	MES-04	MES-05	MES-06
1	RECEPCION DE MATERIA PRIMA	20 min	20 min	17 min	18 min	19 min	18 min
2	TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA ATOLVA	30 min	24 min	26 min	27 min	28 min	29 min
3	TRANSPORTAR AL ÁREA DE PROCESO DE LAVADO DE MATERIA PRIMA	45 min	44 min	44 min	44 min	43 min	42 min
4	LAVADO DE MATERIA PRIMA	70 min	75 min	73 min	71 min	76 min	74 min
5	INSPECCIONAR DE LAVADO DE MATERIA PRIMA	10 min	10 min	9 min	8 min	9 min	8 min
6	TRANSPORTE AL ÁREA DE PROCESO DE FILTRO PRENSA 1	60 min	58 min	59 min	61 min	57 min	55 min
7	PROCESO DE FILTRADO DEL LAVADO DE MATERIA PRIMA	180 min	200 min	190 min	191 min	197 min	205 min
8	TRANSPORTAR DE LAVADO DE MATERIA PRIMA A LOS REACTORES	45 min	42 min	46 min	43 min	47 min	45 min
9	ADICIÓN DE REACTANTES	91 min	98 min	85 min	89 min	83 min	90 min
10	REACCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE LA MEZCLA	7254 min	6890 min	7125 min	6985 min	6500 min	7365 min
11	INSPECCIONAR	22 min	22 min	21 min	21 min	21 min	25 min
12	TRANSPORTE DE LA MEZCLA AL ÁREA DE PROCESO DE FILTRO PRENSA 2	110 min	100 min	115 min	115 min	118 min	117 min
13	PROCESO DE FILTRADO DE LA MEZCLA EN FILTRO PRENSA 2	170 min	180 min	185 min	190 min	175 min	186 min
14	INSPECCIONAR	25 min	30 min	28 min	26 min	25 min	26 min
15	TRANSPORTE DE LA MEZCLA A LOS CRISTALIZADORES	80 min	10 min	10 min	10 min	9 min	14 min
16	FORMACION DE CRISTALES A CONDICIONES NORMALES	4126 min	4315 min	4879 min	5254 min	3948 min	4256 min
17	INSPECCIONAR	22 min	22 min	23 min	23 min	21 min	21 min
18	COSECHA DE LOS CRISTALES DE COBRE	2125 min	2340 min	2065 min	2236 min	2365 min	2223 min
19	ESCURRIMIENTO DE LA COSECHA	813 min	818 min	860 min	837 min	853 min	800 min
20	TRANSPORTE DE COSECHA A LA CENTRIFUGADORA	809 min	828 min	831 min	864 min	814 min	835 min
21	CENTRIFUGACIÓN	2559 min	2606 min	2624 min	2686 min	2759 min	2587 min
22	INSPECCIONAR	23 min	23 min	23 min	22 min	20 min	21 min
23	SECADO	1570 min	1558 min	1547 min	1601 min	1588 min	1568 min
24	PROCESO DE TAMIZADO	1334 min	1247 min	1220 min	1272 min	1159 min	1215 min
25	TRANSPORTE AL ÁREA DE EMPACADO Y PESADO	850 min	835 min	815 min	848 min	759 min	814 min
26	PESADO Y EMPACADO	6336 min	6269 min	6229 min	6429 min	6254 min	6158 min
27	TRANSPORTE AL ÁREA DE ALMACEN	67 min	70 min	68 min	68 min	70 min	60 min
TIEMPOS TOTALES EN HORAS		480.8 Hrs	478.9 Hrs	486.9 Hrs	500.7 Hrs	467.0 Hrs	480.9 Hrs
BALANCE DE MATERIA DE SULFATO DE COBRE LIQUIDO		440.30 m ³	437.60 m ³	458.70 m ³	439.10 m ³	419.90 m ³	457.00 m ³
BALANCE DE MATERIA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE SOLIDO		194.4 Tn	193.2 Tn	200.3 Tn	191.4 Tn	190.4 Tn	201.8 Tn
VALOR PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN							
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE SULFATO LÍQUIDO			442.10 m ³				
PROMEDIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN DE MASA DE CRISTALES DE SULFATO DE COBRE			195 Tn				
PROMEDIO DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN MENSUAL			482.5 Hrs				

Anexo 15: Formato para el promedio de la productividad antes

REVASAC			
SEMANAS	ANTES		
	PRODUCTIVIDAD ANTES	EFICIENCIA ANTES	EFICACIA ANTES
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			

Anexo 16: Formato para el promedio de la productividad después

REVASAC			
SEMANAS	DESPUÉS		
	PRODUCTIVIDAD DESPUÉS	EFICIENCIA DESPUÉS	EFICACIA DESPUÉS
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			

Anexo 17: Promedio de la productividad Antes

REVASAC			
SEMANAS	ANTES		
	PRODUCTIVIDAD ANTES	EFICIENCIA ANTES	EFICACIA ANTES
1	0.0543	0.9339	0.3444
2	0.0515	0.8924	0.3194
3	0.0540	0.8764	0.3103
4	0.0560	0.7825	0.3311
5	0.0493	0.9399	0.3103
6	0.0490	0.9206	0.2476
7	0.0480	0.8932	0.3297
8	0.0494	0.8951	0.2914
9	0.0424	0.9077	0.3302
10	0.0556	0.8795	0.2715
11	0.0575	0.8779	0.3733
12	0.0476	0.9290	0.2460
13	0.0494	0.9408	0.3320
14	0.0491	0.8646	0.3895
15	0.0371	0.9237	0.2268
16	0.0525	0.8737	0.1886
17	0.0494	0.9503	0.3114
18	0.0491	0.9107	0.3067
19	0.0371	0.7609	0.2544
20	0.0525	0.8075	0.2643
21	0.0472	0.9725	0.2564
22	0.0437	0.9394	0.1834
23	0.0415	0.9147	0.2533
24	0.0248	0.8526	0.2752

Anexo 18: Promedio de la productividad después

REVASAC			
SEMANAS	DESPUÉS		
	PRODUCTIVIDAD DESPUÉS	EFICIENCIA DESPUÉS	EFICACIA DESPUÉS
1	0.3514	0.9817	2.0817
2	0.3694	0.9276	1.9956
3	0.3194	0.8997	2.2024
4	0.3098	0.9519	1.9053
5	0.3406	0.9759	1.9920
6	0.3198	0.9594	2.0128
7	0.3423	0.9317	2.4432
8	0.3390	0.9287	1.6872
9	0.3482	0.9294	1.9956
10	0.3342	0.9021	2.1579
11	0.3497	0.9021	2.3275
12	0.3591	0.9610	1.9537
13	0.3338	0.9775	2.0658
14	0.3481	0.9154	2.1180
15	0.3369	0.9563	1.9205
16	0.3102	0.9162	1.9538
17	0.3273	0.9993	2.0749
18	0.3481	0.9617	2.0400
19	0.3369	0.9391	1.8701
20	0.3101	0.8350	2.0334
21	0.3618	1.0150	2.1017
22	0.3420	0.9718	2.0761
23	0.3527	0.9377	1.9901
24	0.3448	0.8740	2.3280



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variable Independiente: REINGENIERÍA DE PROCESOS

La reingeniería de procesos es la revisión total del proceso de producción en una empresa eso implica el rediseño radical y/o total de todos los procesos que implican la producción de un producto con el fin de poder lograr alcanzar mejoras espectaculares en términos de “costos, calidad, servicio y rapidez”. (Michael, Hammer y James, Champy, 1994, p. 34)

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1: INGENIERÍA DE PROCESOS

La ingeniería de procesos es la base del desarrollo para la implementación de un sistema de producción en una planta; los procesos industriales se van a representar por tres tipos de diagramas de, las cuales son diagramas de bloques, diagramas de flujo de proceso, diagramas de procesos e instrumentación. Dichos diagramas representan toda la información de los procesos de manejo de la planta, según sea el tipo de diagrama será el nivel de la información contenida del proceso que va desde lo general hasta lo particular. Según González (2013, p. 15)

Dimensión 2: DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS

Muther (1981, p.15), Muther menciona que el propósito o misión de la distribución de planta es el ordenamiento físico de los elementos y/o factores (que intervienen en el proceso productivo) dentro de un espacio físico y establecido que cumplan con ciertos parámetros de producción, así mismo que ayuden a que el proceso de producción sea seguro para el operador de planta; así mismo que ayuden en el benéfico del aumento de la producción para el cumplimiento de los objetivos y/o propósitos establecidos por la empresa. (Muther, 1981, p.15).



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variable Dependiente: PRODUCTIVIDAD

Para bravo la productividad es la integración entre la eficacia y la eficiencia, en donde la eficacia es cubrir las necesidades del cliente logrando su satisfacción por el producto o servicio obtenido. Y en consecuencia la eficiencia comprende o vendría hacer el buen uso de los recursos utilizados (producir más con menos) cada vez mejor. (Bravo, 2014, p.25).

Dimensiones de las variables:

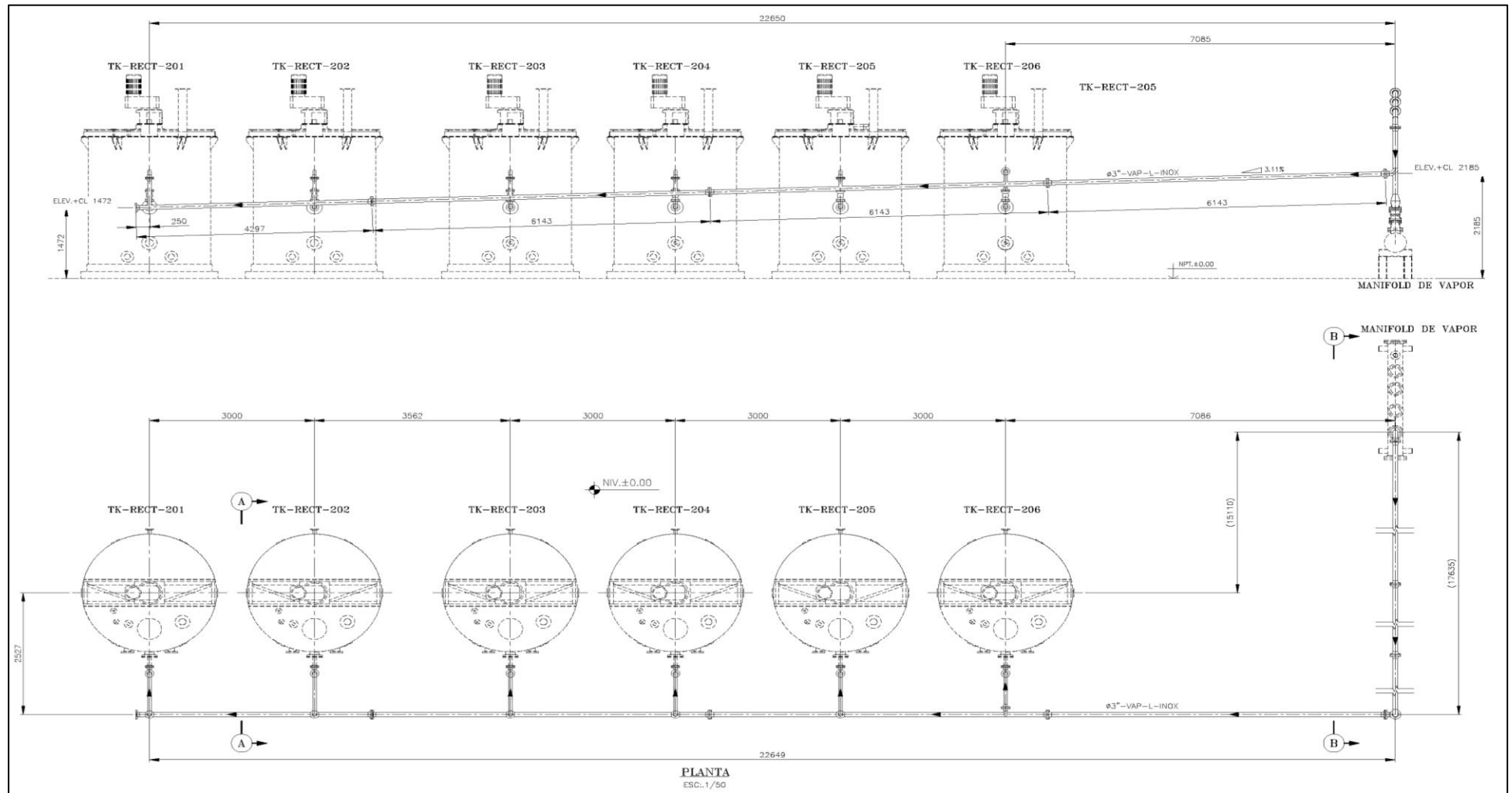
Dimensión 1: EFICIENCIA

Para Cegarra “la eficiencia es la relación que estaría dado por la relación directa entre el buen uso de los recursos de las empresas y los resultados obtenidos del buen uso de los recursos en cierto periodo de tiempo establecido” Para (Cegarra, 2012, p.243).

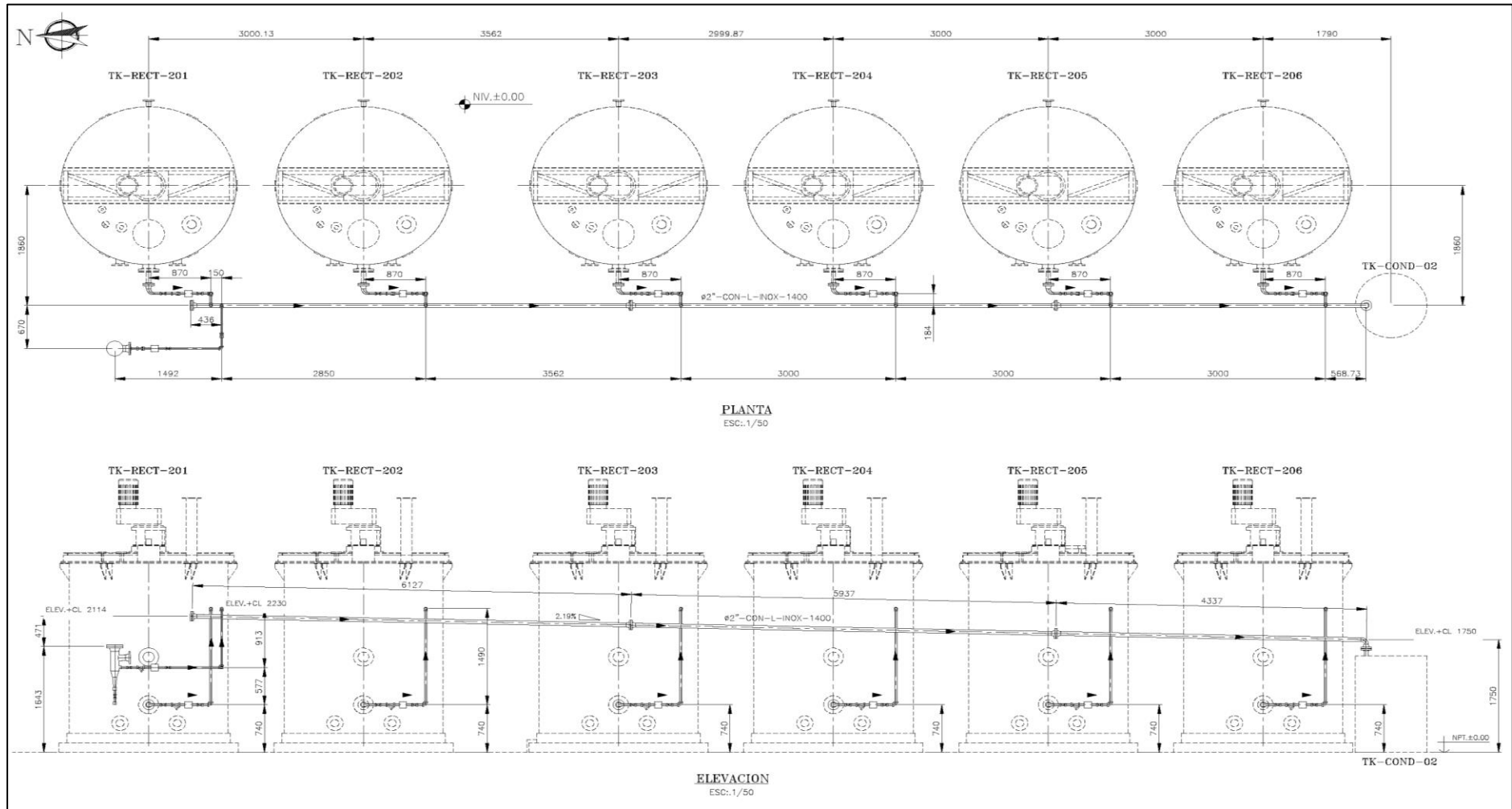
Dimensión 2: EFICACIA

Bravo define que la eficacia es el resultado de la capacidad de poder cumplir con los objetivos trazados y poder llegar a satisfacer las necesidades de los clientes. Así como también como el aumento de valor que se le puede agregar a nuestro producto y/o servicios. (Bravo, 2014, p.25)

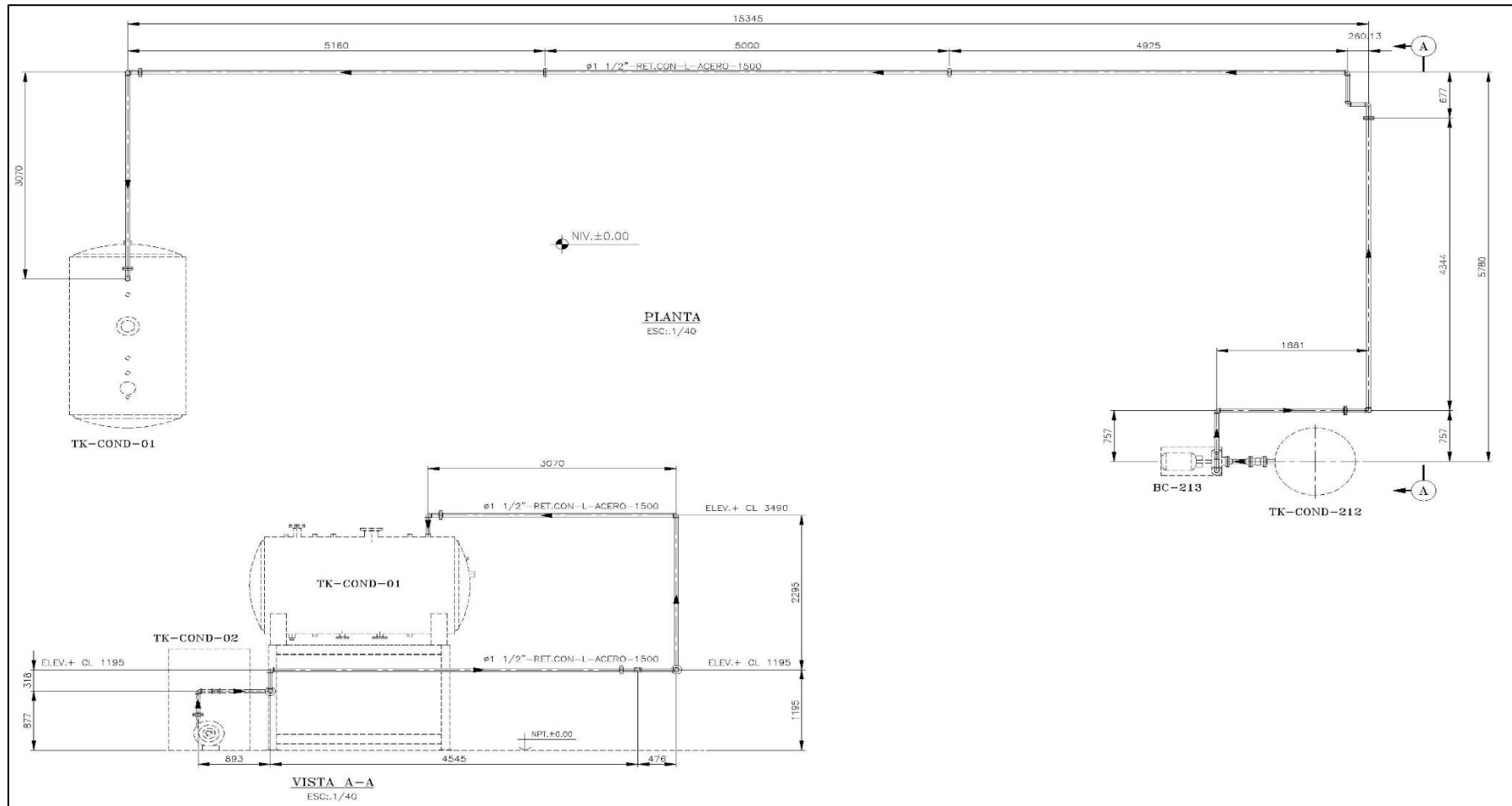
Anexo 21: Línea de suministro de vapor-plano 1



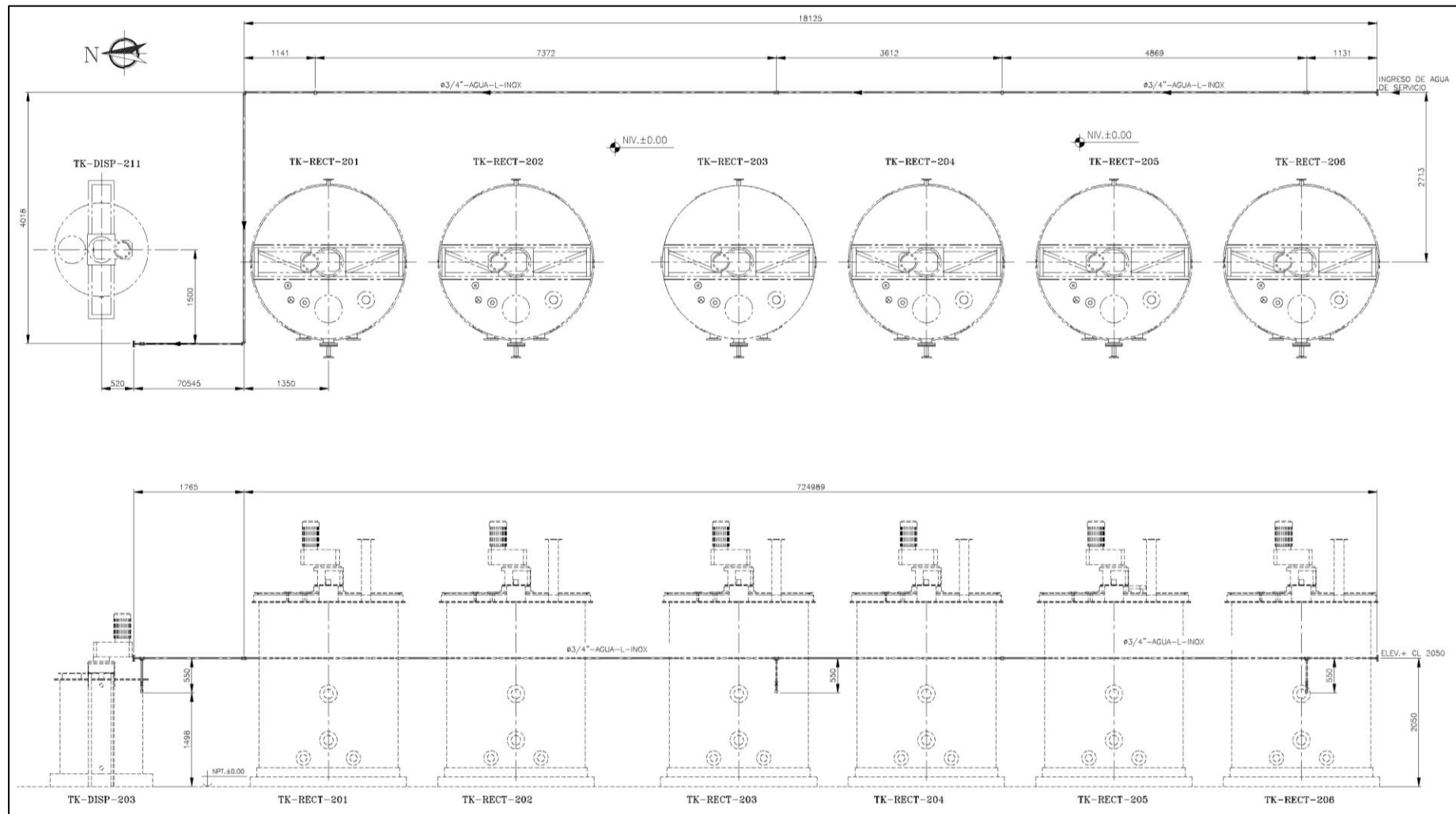
Anexo 22: Línea de retorno de condensado-plano 2



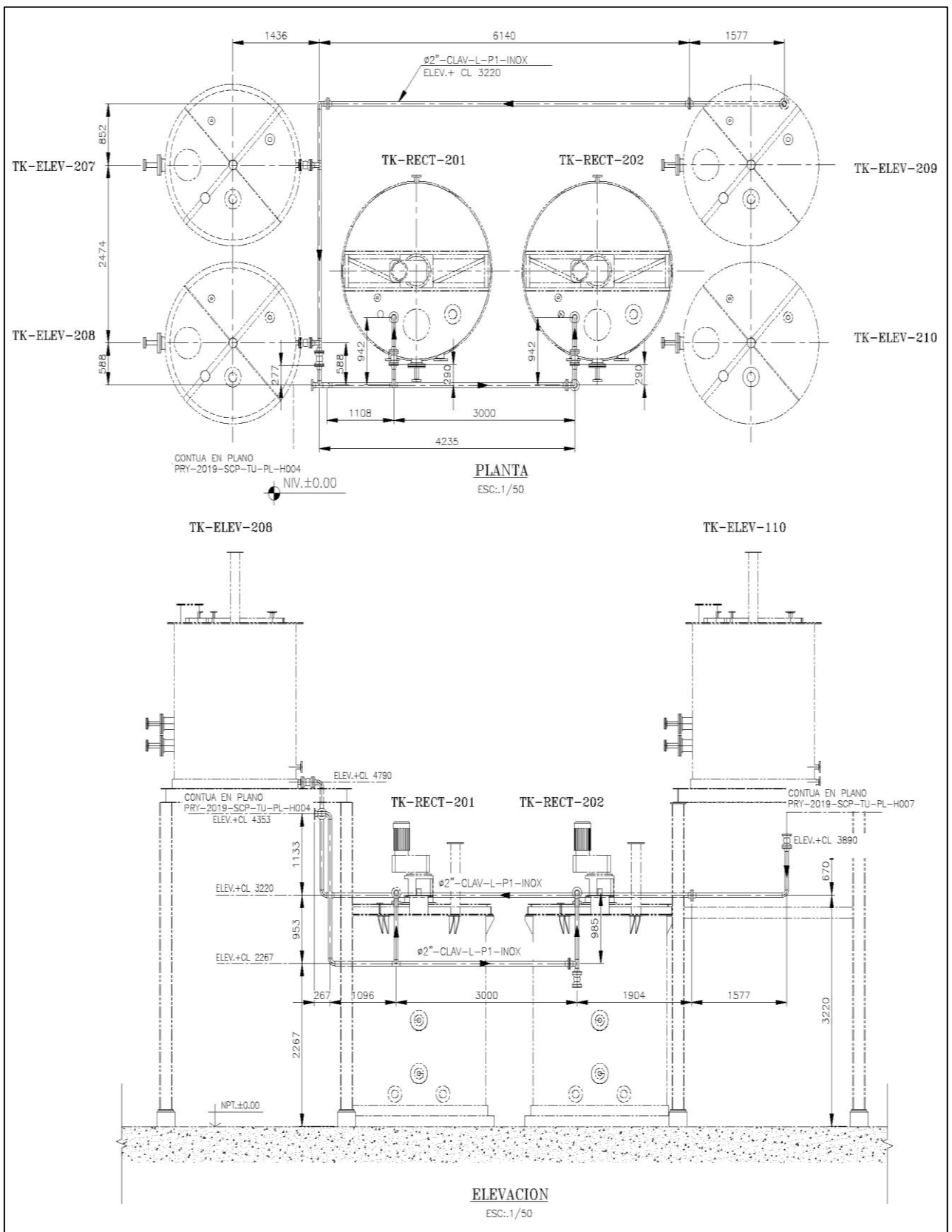
Anexo 23: Línea de retorno de condensado-plano 3



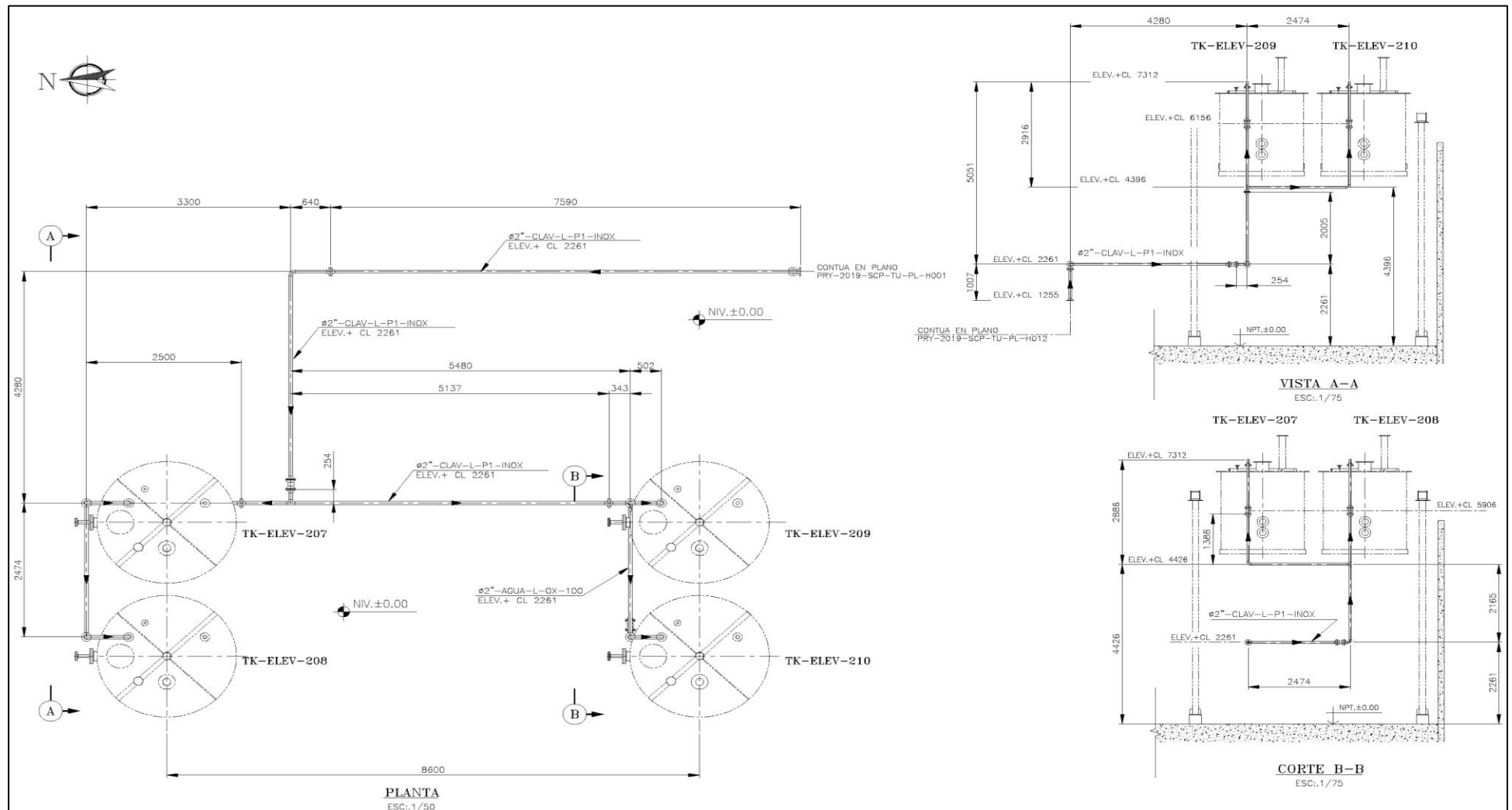
Anexo 24: Línea de suministro de agua de proceso-plano 4



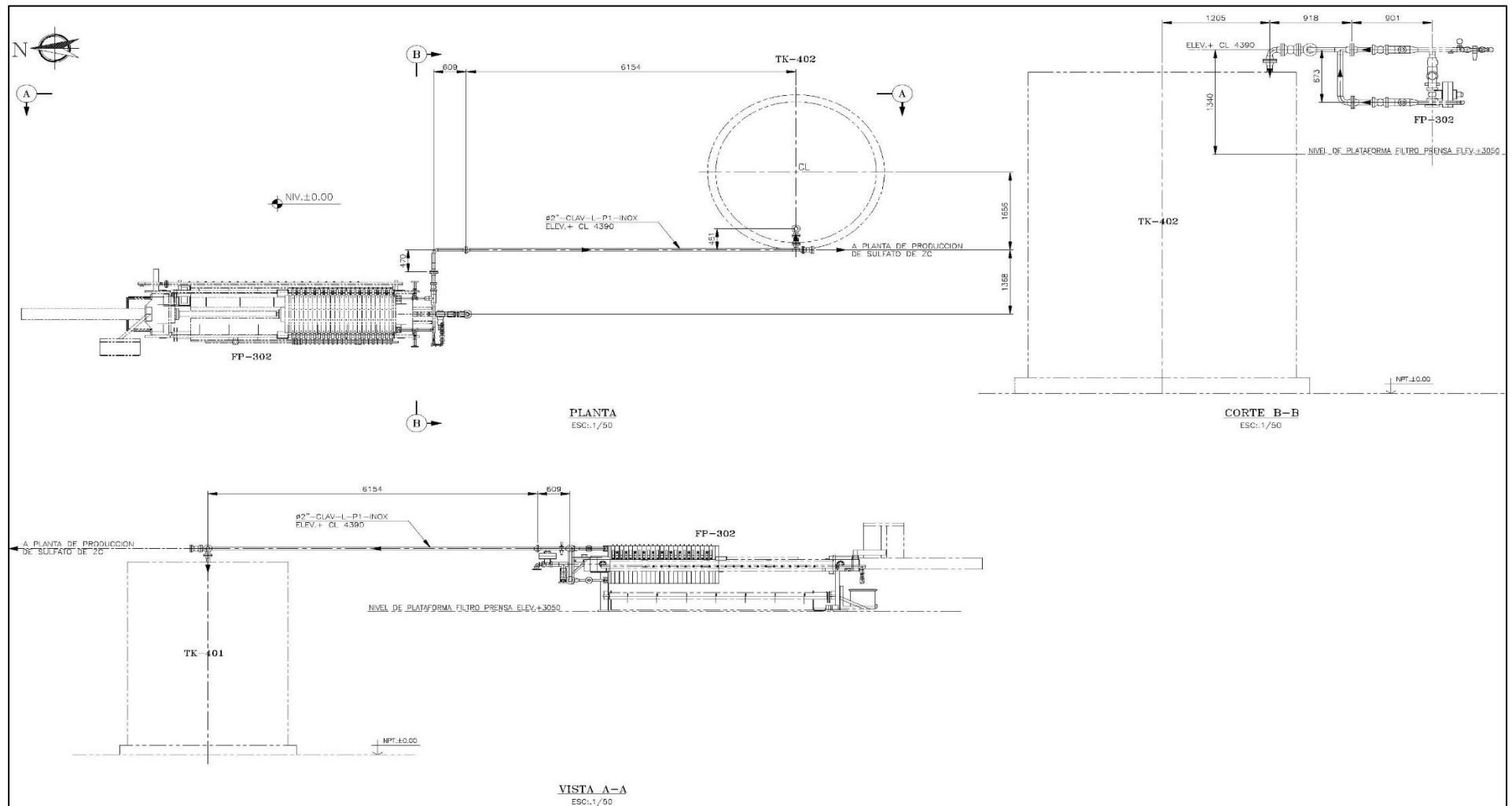
Anexo 25: Proceso 1 de lavado de cemento de cobre-plano 5



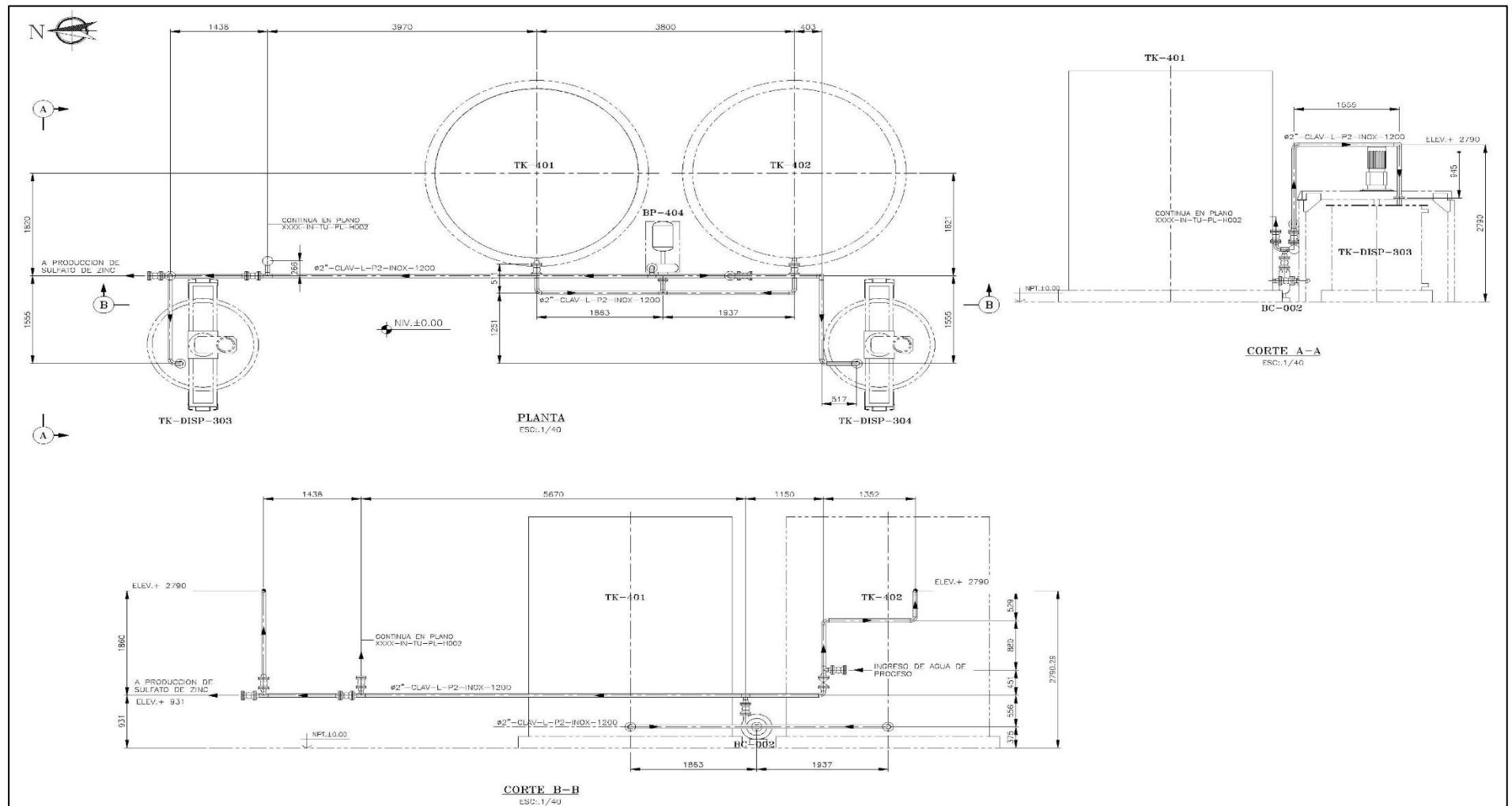
Anexo 26: Proceso 1 de lavado de cemento de cobre-plano 6



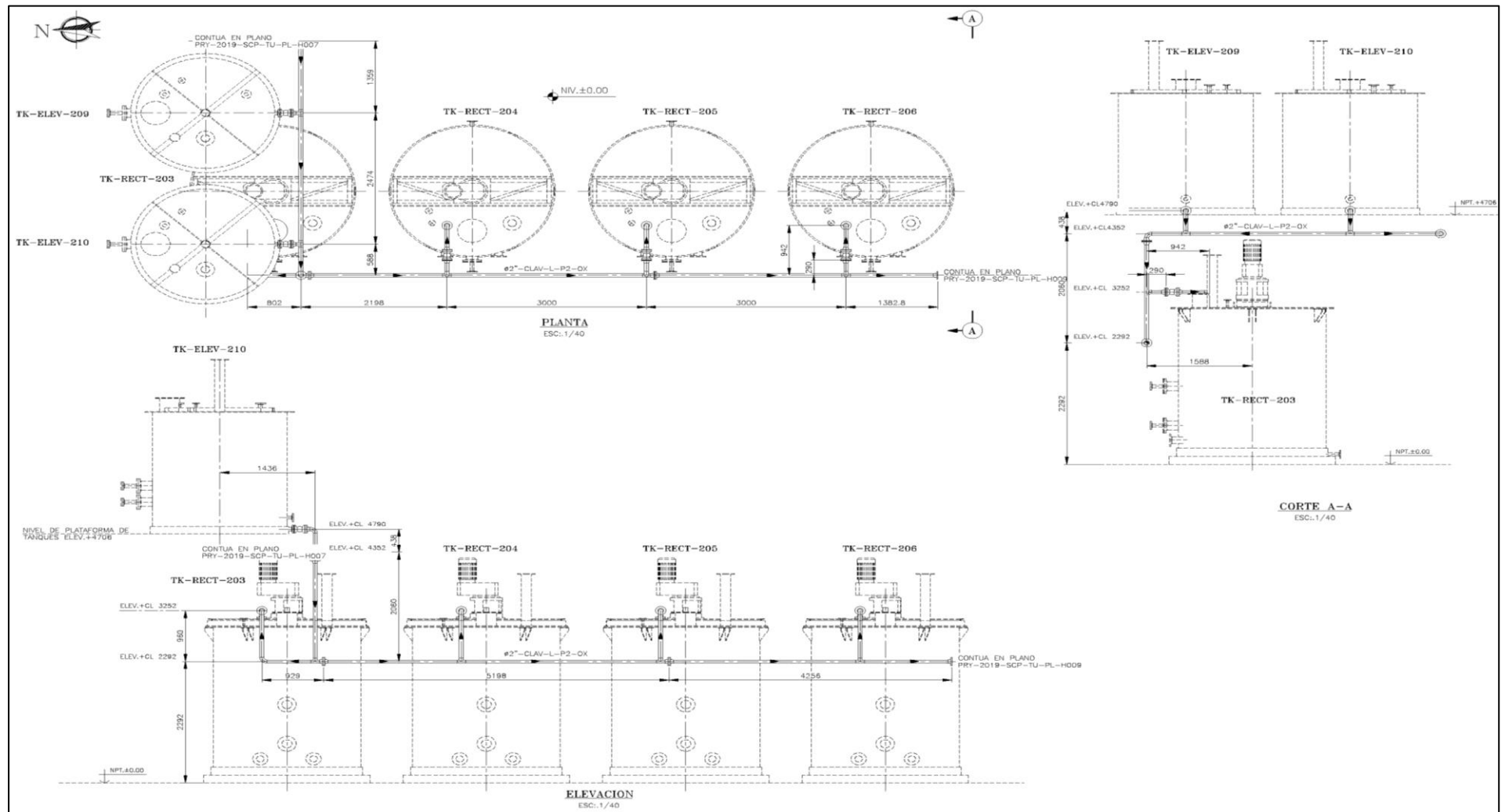
Anexo 27: Proceso 1 de lavado de cemento de cobre-plano 7



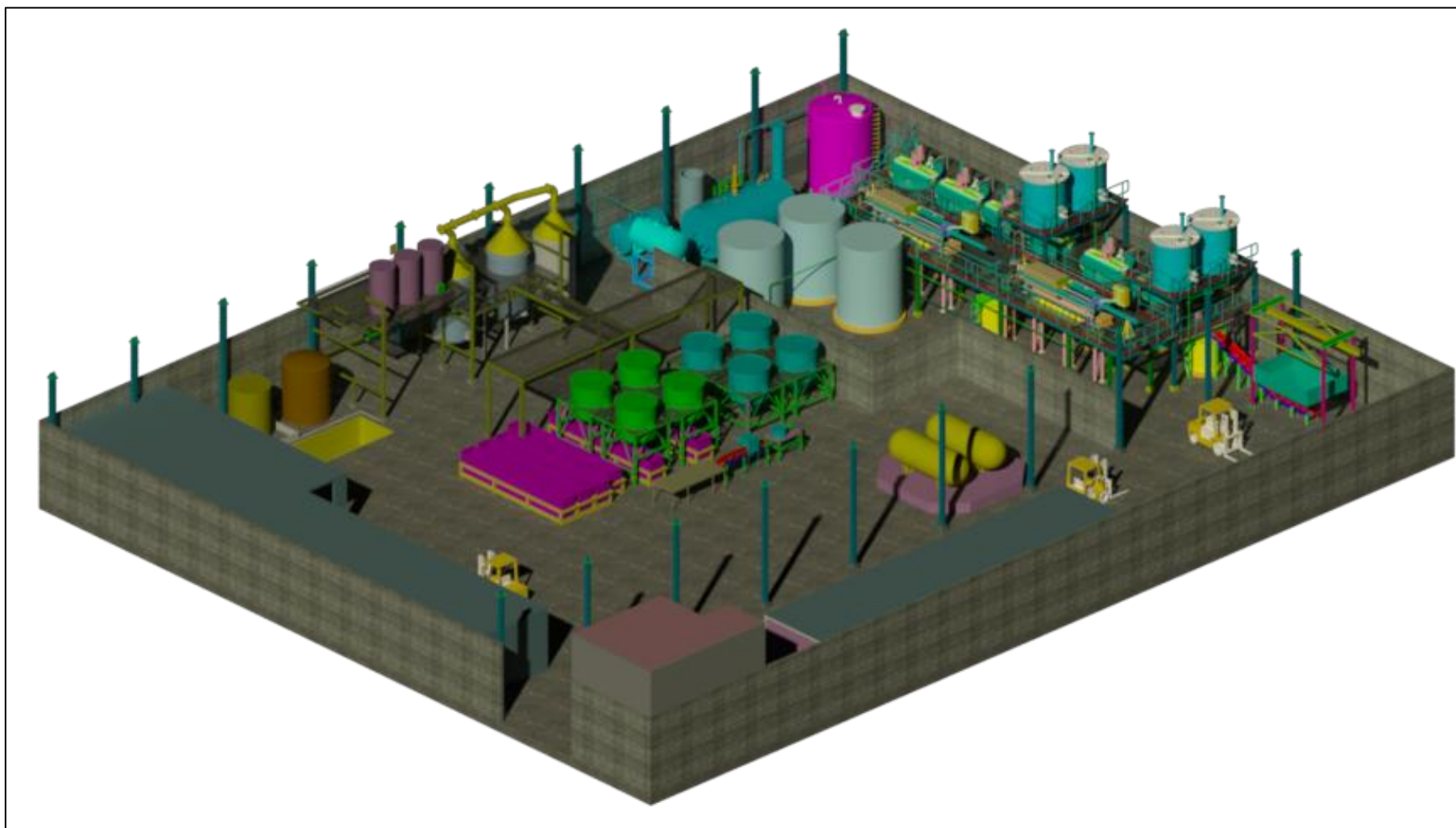
Anexo 28: Proceso 2 de lavado de cemento de cobre-plano 8



Anexo 29: Proceso 2 de lavado de cemento de cobre-plano 9



Anexo 30: 3D de nueva planta de producción de sulfato de cobre a partir del cemento de cobre



Anexo 31: 3D de nueva planta de producción de sulfato de cobre a partir del cemento de cobre

